

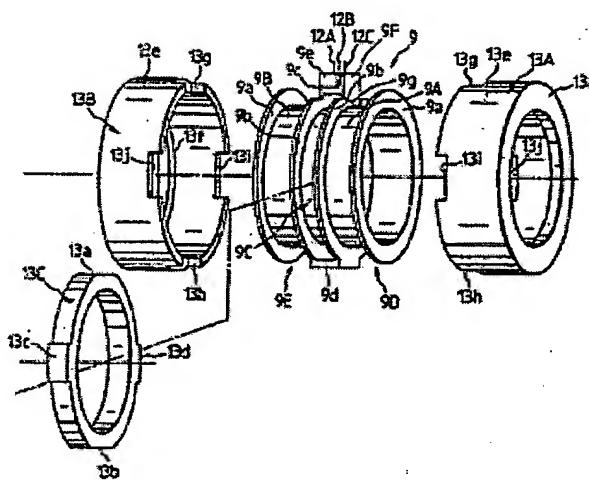
## Torque sensor

**Patent number:** DE19738349  
**Publication date:** 1998-03-19  
**Inventor:** CHIKARAISHI KAZUO (JP); SATOHI KOUICHI (JP)  
**Applicant:** NSK LTD (JP)  
**Classification:**  
- **international:** G01L3/10  
- **european:** G01L3/10A  
**Application number:** DE19971038349 19970902  
**Priority number(s):** DE19971058827 19970902;  
JP19960250873 19960903;  
JP19960336259 19961203

**Report a data error here**

## Abstract of DE19738349

The torque sensor has first and second coaxial rotating shafts (2,3) joined by a torsion rod (4), a cylindrical component(8) made of an electrically conducting, non-magnetic material and integrated into the second rotating shaft so as to enclose the first rotating shaft's outer surface, part of which is magnetic. The enclosing surface has an axial groove(3A). The degree of overlap of a window (8a,8b) in the cylindrical part and the groove varies with the relative position of the shafts. The torque generated by the shafts is determined from the change of impedance of a coil (10,11) enclosing a section of the cylindrical part. A yoke associated with the coil is designed to reduce impedance changes caused by magnetic field irregularities.



Data supplied from the ***esp@cenet*** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 38 349 A1

(51) Int. Cl. 6:  
G 01 L 3/10

(21) Aktenzeichen: 197 38 349.1  
(22) Anmeldetag: 2. 9. 97.  
(43) Offenlegungstag: 19. 3. 98

(30) Unionspriorität:

8-250873 03.09.96 JP  
8-336259 03.12.96 JP

(71) Anmelder:

NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,  
Anwaltssozietät, 80538 München

(72) Erfinder:

Chikaraishi, Kazuo, Takasaki, Gunma, JP; Satoh,  
Kouichi, Maebashi, Gunma, JP

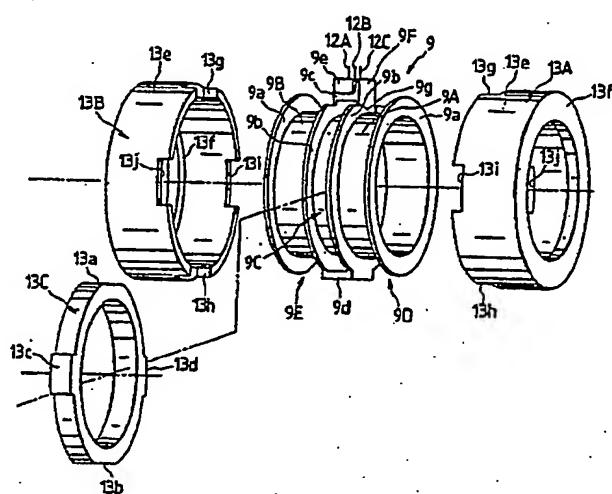
(56) Entgegenhaltungen:

US	50 48 372
US	48 81 414
US	43 56 732
EP	03 62 890 A2

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Drehmomentsensor

(57) Zwei koaxiale, in Umfangsrichtung verlaufende Nuten sind beabstandet voneinander in Axialrichtung für einen Spulenkörper vorgesehen, der aus einem elektrisch nichtleitenden Material, wie z. B. Plastik, gebildet ist, und sind derart angeordnet, daß sie in einem Gehäuse koaxial mit einer Antriebswelle und einer Abtriebswelle befestigt sind. Darüber hinaus ist eine Spule zum Ermitteln eines Drehmoments um jede der Umfangsnuten herumgewickelt. Ein Anschlußklemmenbefestigungsabschnitt ist an der Endoberfläche eines Verbindungsabschnittes angebracht, der in radialer Richtung nach außen weist, um weiter nach außen in radialer Richtung vorzustehen. Drei Metallanschlußklemmen sind an der oberen Oberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes befestigt. Ein Ende einer der Spulen ist um die erste Anschlußklemme, ein Ende der anderen Spule ist um die zweite Anschlußklemme und andere Enden der beiden Spulen sind um die dritte Anschlußklemme herumgewickelt. Ein Joch besteht aus einem ersten ringförmigen Bauteil zum Abdecken der äußeren Oberfläche und einer Endoberfläche der Spule und weist einen L-förmigen Querschnitt auf und einem zweiten ringförmigen Bauteil zum Abdecken einer anderen Endoberfläche der Spule, das einen rechteckigen Querschnitt aufweist. Ein Abschnitt des ersten ringförmigen Bauteiles zum Abdecken der äußeren Oberfläche der Spule deckt auch die äußere Oberfläche des zweiten ringförmigen Bauteiles ab, und der Abschnitt ist mit drei ausgeschnittenen Abschnitten ...



DE 197 38 349 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 802 012/470

DE 197 38 349 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Drehmomentsensor zum Ermitteln von Drehmoment, welches in einer sich drehenden Welle erzeugt wird, und insbesondere auf einen Drehmomentsensor, der zwei Spulen aufweist, die Impedanzpegel aufweisen, die in entgegengesetzte Richtungen in Abhängigkeit von erzeugtem Drehmoment geändert werden, um ein Drehmoment in Abhängigkeit der Differenz der Klemmspannungen der beiden Spulen zu ermitteln und um eine erhöhte Genauigkeit zum Ermitteln von Drehmoment bereitzustellen.

Konventionelle Drehmomentsensoren wurden z. B. in der japanischen, ungeprüften Patentveröffentlichung Nr. Hei. 4-47638 und der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung Nr. Hei. 8-5477 offenbart. Die konventionellen Drehmomentsensoren weisen eine solche Struktur auf, daß das auf die sich drehende Welle ausgeübte Drehmoment reflektiert wird, um die Impedanzpegel der Spulen zu verändern, und Änderungen in dem Impedanzpegel werden ermittelt, so daß das Drehmoment ermittelt wird. Das heißt, die Spulen sind derart angeordnet, um die sich drehende Welle in solche einer Weise zu umgeben, daß die Impedanzpegel der Spulen aufgrund einer magnetischen oder mechanisch strukturellen Änderung entsprechend dem Drehmoment der sich drehenden Welle geändert werden. Daher ermöglicht es das Ermitteln der Änderung der Impedanz durch Messen der Klemmspannungen der Spulen, daß das in der sich drehenden Welle erzeugte Drehmoment ermittelt wird. Darüber hinaus ist der obengenannte konventionelle Drehmomentsensor derart angeordnet, um Änderungen in der Impedanz der Spulen aufgrund von anderen Faktoren als Drehmoment, z. B. Temperatur, auszugleichen, durch Verwenden einer Struktur, bei der zwei Spulen, die Impedanzpegel aufweisen, die in entgegengesetzte Richtungen durch das Drehmoment geändert werden, angeordnet sind, um eine Brückenschaltung zu bilden, die die beiden Spulen beinhaltet, so daß Drehmoment entsprechend der Differenz zwischen den Ausgängen aus der Brückenschaltung ermittelt wird. Das heißt, sogar wenn die Impedanz aufgrund von anderen Faktoren als Drehmoment geändert wird, erfolgt die Änderung der Impedanzpegel der beiden Spulen in der gleichen Richtung aufgrund der Faktoren. Daher kann die Änderung durch Erhalten des Unterschiedes der Ausgangsspannung aus der Brückenschaltung ausgeglichen werden.

Jedoch ist es bei dem konventionellen Drehmomentsensor, der die beiden Spulen zum Ermitteln der Differenz aufweist und die um individuelle Spulenkörper herumgewickelt sind, erforderlich, daß er frei von Dispersion in den Wicklungsspannungen der um die jeweiligen Spulenkörper herumgewickelten Spulen und der Durchmesser der Drähte der Spulen ist. Jedoch erzeugt eine Spulenwicklungsmaschine für die Verwendung in einem gewöhnlichen Herstellungsverfahren zum Wickeln des Drahtes um die Spulenkörper eine Änderung der Wicklungsspannung nach einem Zeitablauf abhängig von einem Verwendungszustand. Normalerweise wird eine Mehrzahl von Spulenwicklungsmaschinen simultan betrieben. Dadurch kann eine Dispersion in den Wicklungsspannungen innerhalb der Maschinen nicht verhindert werden. Was noch schlechter ist, auch die Durchmesser und dergleichen der Drähte zum Bilden der Spulen dispergieren. Wenn zwei Spulenkörper, um welche die Spulen kontinuierlich durch gleiche Spulen-

wicklungsmaschine gewickelt werden, in demselben Drehmomentsensor verwendet werden, kann die Änderung des Impedanzpegels der Spule, die aufgrund von anderen Faktoren als Drehmoment auftritt, ausgeglichen werden, da der Drehmomentsensor die beiden im wesentlichen die gleichen Charakteristiken aufweisen den Spulen verwendet. Jedoch können in dem oben beschriebenen Fall die Handhabungskosten nicht reduziert werden. Wenn die oben beschriebene Handhabung nicht durchgeführt wird, wird die Annahme getroffen, daß die beiden verwendeten Spulen Charakteristiken aufweisen, die im wesentlichen nicht die gleichen sind. Daher muß ein Einstellen der Balance der komplizierten Brückenschaltung durchgeführt werden, wodurch sich die Herstellungskosten erhöhen.

Darüber hinaus wurde ein anderer konventioneller Drehmomentsensor, z. B. in der japanischen nichtgeprüften Gebrauchsmusterveröffentlichung Nr. Hei. 2-89338 offenbart. Der konventionelle Drehmomentsensor ist in solch einer Weise strukturiert, daß Drehmoment, welches auf die sich drehende Welle einwirkt, reflektiert wird, um die Impedanz der Spule zu ändern, um die Änderung der Impedanz zu ermitteln, um das Drehmoment zu ermitteln.

Die Spule ist derart angeordnet, um die sich drehende Welle zu umgeben, um die Impedanz der Spule entsprechend dem Drehmoment der sich drehenden Welle zu ändern. Daher, sobald eine Änderung in der Impedanz durch Messen der Klemmspannungen der Spule ermittelt wird, kann das Drehmoment, welches in der sich drehenden Welle erzeugt wird, ermittelt werden.

Der oben beschriebene konventionelle Drehmomentsensor weist eine Spule, die um einen Spulenkörper herumgewickelt ist, deren eine äußere Oberfläche und zwei Endoberflächen mit einem Jochbauteil aus Eisen abgedeckt sind, um eine magnetische Kraftlinienstreuung zu verhindern, auf. Jedoch, da es erforderlich ist, daß die Enden der Spule zur Außenseite des Jochbauteiles herausgeführt werden, ist das Jochbauteil mit einem ausgeschnittenen Abschnitt für das Herausführen der Enden der Spule versehen.

Da das magnetische Feld in der Spule in dem zuvor genannten Fall in Umfangsrichtung unregelmäßig ist aufgrund des ausgeschnittenen Abschnittes, erzeugt die Differenz zwischen der Phase der Spule und der Phase der sich drehenden Welle in einer Änderung der Anzahl von Feldlinien, welche die Spule schneiden. Als ein Ergebnis wird die Impedanz der Spule in unerwünschterweise unabhängig vom Drehmoment geändert. Dadurch wird die Drehmomentermittlungsgenauigkeit um einen entsprechenden Grad verschlechtert.

Wenn eine Konstruktion, wie sie durch den in der obigen Veröffentlichung offenbarten Drehmomentsensor verwendet wurde, in solch einer Weise gebildet wird, daß zwei Spulen, deren Impedanzpegel in entgegengesetzte Richtungen verändert werden, um dem Drehmoment zu entsprechen, vorgesehen sind, um eine Brückenschaltung zu bilden, die die beiden Spulen aufweist, um das Drehmoment entsprechend der Differenz zwischen den beiden Ausgängen aus der Brückenschaltung zu ermitteln, kann die Impedanzänderung, welche aufgrund der Temperatur oder dergleichen auftritt, durch die Differenz ausgeglichen werden. Jedoch wird die Änderung der Impedanz, welche aufgrund des ausgeschnittenen Abschnittes auftritt, in unerwünschterweise verstärkt und in das ermittelte Drehmoment aufgenommen.

## Zusammenfassung der Erfindung

Angesichts der mit den konventionellen Strukturen erhaltenen Problemen, ist es ein erstes Ziel der vorliegenden Erfindung einen Drehmomentsensor bereitzustellen, der in der Lage ist, die Kosten zu reduzieren und die Ermittlungsgenauigkeit zu verbessern.

Darüber hinaus ist es ein zweites Ziel der vorliegenden Erfindung einen Drehmomentsensor bereitzustellen, der in der Lage ist, die Drehmomentermittlungsgenauigkeit zu erhöhen durch Reduzieren des Änderns der Impedanz, die aufgrund des ausgeschnittenen Abschnittes auftritt.

Um das oben beschriebene erste Ziel zu erreichen, weist ein Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung eine sich drehende Welle, die drehbar in einem Gehäuse gestützt ist, zwei Spulen, die die sich drehende Welle umgebend angeordnet sind, eine Impedanzänderungseinrichtung zum Ändern des Impedanzpegels der beiden Spulen in entgegengesetzte Richtungen gemäß der Änderung des Drehmomentes, welches auf die sich drehende Welle einwirkt, um ein Drehmoment zu ermitteln, welches in der sich drehenden Welle gemäß der Differenz zwischen den Klemmenspannungen der beiden Spulen erzeugt wird, auf, und darüber hinaus weist der Drehmomentsensor auf: einen Spulenkörper, der an dem Gehäuse gesichert ist, um koaxial zur sich drehenden Welle zu sein, wobei zwei Nuten in den Spulenkörper eingefräst sind, die in axialer Richtung voneinander beabstandet sind und koaxial zur sich drehenden Welle sind, und die Spule ist entlang jeder der beiden Nuten gewickelt.

Der Spulenkörper kann ein integral gegossenes Erzeugnis sein, oder die Spulen können aufgewickelt worden sein, nachdem zwei oder mehrere Teile montiert wurden.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung sind die Spulen jeweils entlang der beiden Nuten in dem Spulenkörper aufgewickelt. Daher wird irgendeine komplizierte Handhabung und dergleichen nicht erforderlich, wenn zwei Spulen, die im wesentlichen die gleichen Spezifikationen aufweisen, in einen Drehmomentsensor eingebaut werden. Daher können Impedanzfehler zwischen den beiden Spulen erheblich reduziert werden. Sogar wenn, z. B., eine Brückenschaltung gebildet wird, kann ein Einstellen der Balance der Schaltung ausgelassen oder auf einfache Weise durchgeführt werden.

Eine Lücke kann zwischen die beiden Nuten in den Spulenkörper eingefräst sein, um z. B. ein ringförmiges Jochbauteil aufzunehmen. Darüber hinaus können zwei zylindrische Jochbauteile angeordnet sein, um die beiden Nutabschnitte in dem Spulenkörper zu umgeben, so daß Teile jeder Spule, ausgenommen des inneren Abschnittes, durch die Joche abgedeckt sind.

Ein Anschlußklemmenbefestigungsabschnitt, der drei Anschlußklemmen aufweist, die nach außen in radialer Richtung vorstehen, ist für einen Abschnitt zwischen den beiden Nuten des Spulenkörpers in solch einer Weise vorgesehen, daß ein Ende einer der Spulen, an welchem die Windung der Spule beginnt, an der ersten Anschlußklemme befestigt ist. Darüber hinaus ist ein Ende der anderen Spule, bei welchem die Wicklung endet, an der zweiten Anschlußklemme befestigt. Ein Ende der Spule, an welchem die Windung beginnt, ist an der dritten Anschlußklemme befestigt. Als Ergebnis ist die dritte Anschlußklemme als eine gemeinsame Anschlußklemme ausgebildet, an welcher die Enden von

zwei Spulen befestigt sind. Daher, wenn die Wicklungsordnung bestimmt wird als, z. B., erste Anschlußklemme → dritte Anschlußklemme → zweite Anschlußklemme, können die beiden Spulen kontinuierlich gebildet werden durch Wickeln eines Drahtes. In dem Fall, wo der Draht in der obengenannten Wicklungsordnung gewickelt ist, wird es bevorzugt, daß die Richtung, in welcher der Draht entlang der beiden Nuten an dem Spulenkörper gewickelt wird, an einer Stelle nahe der dritten Anschlußklemme umgekehrt wird. Das heißt, wenn die obengenannte Wicklungsanordnung verwendet wird, bei welcher, z. B., die dritte Anschlußklemme, welche die gemeinsame Anschlußklemme ist, als Erdklemme verwendet wird, wird die erste Anschlußklemme als eine stromquellenseitige Anschlußklemme für eine der Spulen verwendet und wird die zweite Anschlußklemme als eine stromquellenseitige Anschlußklemme der anderen Anschlußklemme verwendet, wobei Antriebsströme, die in die gleiche Richtung fließen, den beiden Spulen zugeführt werden können.

Um das zweite Ziel der Erfindung zu erreichen, weist ein Antriebssensor gemäß der vorliegenden Erfindung erste und zweite sich drehende Wellen, die koaxial angeordnet sind und miteinander durch einen Torsionsstab verbunden sind, ein zylindrisches Bauteil, bestehend aus einem elektrisch leitenden und nichtmagnetischen Material und welches mit der zweiten sich drehenden Welle in Richtung der Drehung integriert ist, um die äußere Oberfläche der ersten sich drehenden Welle zu umgeben ein umgebender Abschnitt der ersten sich drehenden Welle, der durch zumindest den zylindrischen Abschnitt umgeben ist und aus einem magnetischen Material besteht, eine Nut, die in den umgebenden Abschnitt eingefräst ist und sich in axialer Richtung erstreckt, ein Fenster, welches in das zylindrische Bauteil in solch einer Weise eingefräst ist, daß ein Zustand des Überlappens der Nut entsprechend einer relativen Rotationsstellung bezüglich der ersten sich drehenden Welle geändert wird, und eine Spule auf, die angeordnet ist, um einen Abschnitt des zylindrischen Bauteiles zu umgeben, in welches das Fenster eingefräst wurde, so daß Drehmoment, welches in den ersten und zweiten sich drehenden Wellen erzeugt wurde, entsprechend der Änderung der Impedanz der Spule ermittelt wird, wobei ein Jochbauteil, welches die Spule aufweist, mit einem ersten ausgeschnittenen Abschnitt, um ein Ende der Spule zur Außenseite des Jochbauteiles herauszuführen und zumindest einem zweiten ausgeschnittenen Abschnitt versehen ist, der von dem ersten ausgeschnittenen Abschnitt getrennt ist, so daß eine Änderung in der Impedanz der Spule, die aufgrund der Unregelmäßigkeit eines magnetischen Feldes in der Spule auftritt, welche durch den ersten ausgeschnittenen Abschnitt erzeugt wird, und eine Änderung in der Impedanz der Spule, welche aufgrund der Unregelmäßigkeit des magnetischen Feldes in der Spule auftritt, welche durch den ersten ausgeschnittenen Abschnitt erzeugt wird, gegeneinander reduziert werden.

Das nichtmagnetische Material gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein paramagnetisches Material mit etwas diamagnetischen Substanzen. Das magnetische Material ist ein ferromagnetisches Material. Die magnetische Permeabilität des nichtmagnetischen Materials ist gleich der von Luft oder geringer als die magnetische Permeabilität des magnetischen Materials.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Gesamtschnittansicht, welche die vorliegende Erfindung darstellt.

Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, welche die Struktur einer Spule und einen Abschnitt um die Spule darstellt.

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, welche einen Zustand darstellt, in welchem ein Spulenkörper und Jochbauteile montiert wurden.

Fig. 4 ist eine Draufsicht, welche den Spulenkörper darstellt.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A aus Fig. 4.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht, welche den Spulenkörper darstellt.

Fig. 7 ist eine Draufsicht, welche den Spulenkörper in einem Zustand darstellt, wo die Jochbauteile montiert sind.

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie B-B, die in Fig. 7 dargestellt ist.

Fig. 9 ist eine Schnittansicht entlang der Linie C-C, die in Fig. 8 dargestellt ist.

Fig. 10 ist ein Schaltdiagramm, welches ein Beispiel eines Motorsteuerungsschaltkreises darstellt.

Fig. 11 ist eine perspektivische Ansicht, welche einen exemplarischen Zustand darstellt, in welchem der Spulenkörper als geteilter Spulenkörper ausgebildet ist.

Fig. 12 ist eine perspektivische Ansicht, welche Strukturen der Spule und eines Teiles der Spulen darstellt.

Fig. 13(a) und 13(b) sind Ansichten, welche die Struktur eines Jochbauteiles darstellen.

Fig. 14 ist ein Graph, welcher eine Wellenform darstellt, die indikativ für eine Änderungsrate in der Impedanz gemäß der Erfindung ist.

Fig. 15 ist ein Graph, welcher eine Wellenform darstellt, die indikativ ist für eine Änderungsrate der Auslaßspannung von dem Differentialverstärker gemäß der Erfindung.

Fig. 16 ist ein Graph, welcher eine Wellenform darstellt, die indikativ ist für eine Änderungsrate der Impedanz einer der Spulen eines konventionellen Drehmomentsensors ist.

Fig. 17 ist ein Graph, der eine Wellenform darstellt, die indikativ ist für eine Änderungsrate der Impedanz einer anderen Spule eines konventionellen Drehmomentsensors ist.

Fig. 18 ist ein Graph, welcher eine Änderungsrate in der Ausgangsspannung in einem Fall darstellt, wo die in den Fig. 16 und 17 dargestellten Ergebnisse einem Differentialverstärker zugeführt werden.

## Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 bis 10 sind Diagramme, welche eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen, in welcher ein Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung auf einen elektrischen Servolenkungsapparat für ein Fahrzeug angewendet wird.

Zunächst wird nun die Konstruktion beschrieben. In Fig. 1 weist ein Gehäuse 1 eine Antriebswelle 2 und eine Abtriebswelle 3 auf, welche miteinander verbunden sind durch einen Torsionsstab 4, und welche durch Lagerungen 5a, 5b und 5c drehbar unterstützt sind. Die Antriebswelle 2, die Abtriebswelle 3 und der Torsionsstab 4 sind

koaxial zueinander angeordnet. Die Antriebswelle 2 und der Torsionsstab 4 sind durch eine Hülse 2A miteinander verbunden, mit welcher sich jedes Ende in einer Keilwellenverzahnung befindet. Ein anderes Ende des Torsionsstabes 4 ist durch eine Keilwellenverzahnung an einer tiefen Stelle in der Abtriebswelle 3 verbunden. Die Antriebswelle 2 und die Abtriebswelle 3 bestehen aus einem magnetischen Material, wie z. B. Eisen. Es wird angemerkt, daß die Antriebswelle 2, die Abtriebswelle 3 und der Torsionsstab 4 der sich drehenden Welle der vorliegenden Erfindung entsprechen.

Ein Lenkrad ist in Drehrichtung integral mit einem rechten Ende (nicht dargestellt) der Antriebswelle 2 verbunden, wenn es in der Sichtweise in Fig. 1 betrachtet wird. Eine Ritzelwelle, die z. B. einen bekannten Zahnenlenkungsapparat bildet, ist mit dem linken Ende (nicht dargestellt) der Abtriebswelle 3 verbunden, wenn sie in Fig. 1 betrachtet wird. Dadurch wird die Lenkungskraft, welche erzeugt wird, wenn ein Fahrer das Lenkrad betätigt, auf die Räder (nicht dargestellt) übertragen, welche durch die Antriebswelle 2, den Torsionsstab 4 und die Abtriebswelle 3 und den Zahnenlenkungsapparat gelenkt werden.

Eine Hülse 2A, welche an dem Ende der Antriebswelle 2 gesichert ist, weist eine Länge auf, welche genügend lang ist, um die äußere Oberfläche des Endes der Abtriebswelle 3 zu umgeben. Eine Mehrzahl von Vorsprüngen 2a, die in axialer Richtung länglich sind, sind auf der inneren Oberfläche eines Abschnittes angeformt, der die äußere Oberfläche des Endes der Abtriebswelle 3 der Hülse 2A umgibt. Eine Mehrzahl von (gleiche Anzahl wie die der Vorsprünge 2a) von Nuten 3a, die in der Axialrichtung länglich sind, sind in die äußere Oberfläche der Abtriebswelle 3 gegenüberliegend der Vorsprünge 2a geformt. Die Vorsprünge 2a und Nuten 3a befinden sich miteinander mit Spiel in Eingriff, welches in Umfangsrichtung zugelassen wird. Als ein Ergebnis wird eine relative, einen vorherbestimmten Bereich überschreitende Drehung zwischen der Antriebswelle 2 und der Abtriebswelle 3 (z. B. ungefähr  $\pm 5^\circ$ ) verhindert.

Ein Schneckenrad 6, welches derart angeordnet ist, um koaxial zur Abtriebswelle 3 und integral mit der Abtriebswelle 3 gedreht zu werden, ist an der äußeren Oberfläche der Abtriebswelle 3 angebracht. Ein Eingriffsabschnitt 6a aus Kunststoff des Schneckenrades 6 und eine Schnecke 7b, welche auf die äußere Oberfläche einer Abtriebswelle 7a eines elektrischen Motors 7 geformt ist, befinden sich in Eingriff miteinander. Daher wird die Drehkraft des elektrischen Motors 7 durch die Abtriebswelle 7a, die Schnecke 7b und das Schneckenrad 6 auf die Abtriebswelle 3 übertragen. Wenn die Drehrichtung des Elektromotors 7 willkürlich gewechselt wird, kann ein Hilfslenkungsdrehmoment in einer willkürlichen Richtung auf die Abtriebswelle 3 aufgebracht werden.

Ein zylindrisches Bauteil 8, welches eine dünne Wand aufweist, ist integral an der Hülse 2A in Drehrichtung in solch einer Weise gesichert, daß das zylindrische Bauteil 8 benachbart zur äußeren Oberfläche der Abtriebswelle 3 angeordnet ist, um die äußere Oberfläche zu umgeben.

Das heißt, das zylindrische Bauteil 8 besteht aus einem elektrisch leitenden und nichtmagnetischen Material (z. B. Aluminium). Wie ebenso in Fig. 2 dargestellt ist, welche eine perspektivische Ansicht ist, die das zylindrische Bauteil 8 und einen dieses umgebenden Abschnitt darstellt, ist eine Mehrzahl (9 in dieser Ausführungsform) von rechteckigen Fenstern 8a vorgesehen,

die in gleichmäßigen Intervallen in Umfangsrichtung voneinander beabstandet sind, wobei sie die Abtriebswelle 3 an Positionen nahe der Hülse 2A umgeben. Darüber hinaus ist eine Mehrzahl (9 in dieser Ausführungsform) von rechteckigen Fenstern 8b (die die gleiche Form haben wie die Fenster 8a), die voneinander in Umfangsrichtung beabstandet sind, an Orten ausgebildet, die von der Hülse 2A in solch einer Weise beabstandet sind, daß die von den Fenstern 8a um 180° phasenverschoben sind.

Eine Mehrzahl (die gleiche Anzahl wie die der Fenster 8a und 8b, d. h. 9 bei dieser Ausführungsform) von Nuten 3A, die jeweils einen im wesentlichen rechtwinkeligen horizontalen Querschnitt aufweisen und in Axialrichtung länglich sind, sind in die äußere Oberfläche der Abtriebswelle 3 eingeformt, die durch das zylindrische Bauteil 8 umgeben ist.

Insbesondere wird angenommen, daß ein Winkel, der durch Teilen des Umfangs des zylindrischen Bauteiles 8 durch N ( $N = 9$  in dieser Ausführungsform) erhalten wird, ein periodischer Winkel  $\theta$  ( $= 360/N$  und  $\theta = 40^\circ$  in dieser Ausführungsform) ist. Die Fenster 8a sind in das zylindrische Bauteil 8 in die Abschnitte eingeformt, die von der Abtriebswelle 3 in vorbestimmten Winkeln von einem Ende eines periodischen Winkel- $\theta$ -Bereiches beabstandet sind, während Restabschnitte geschlossen sind. Die Fenster 8b sind in die Abschnitte des zylindrischen Bauteiles 8 nahe der Abtriebswelle 3 an vorherbestimmten Winkeln vom anderen Ende des einen periodischen Winkel- $\theta$ -Bereiches in solch einer Weise eingeformt, daß die Phase der Fenster 8a um eine halbe Periode ( $\theta/2$ ) abweicht, während Restabschnitte geschlossen sind.

Jedoch ist die Struktur in solch einer Weise ausgebildet, daß die breitenweise mittigen Abschnitte der Fenster 8a in Umfangsrichtung und eines der Umfangsenden der Nuten 3A überlagern und die breitenweise mittigen Abschnitte der Fenster 8b in Umfangsrichtung mit den anderen Enden in Umfangsrichtung der Nuten 3A überlagert werden, wenn der Torsionsstab 4 frei von Torsion ist (wenn das Lenkungsdrehmoment Null ist). Daher ist der Zustand des Überlagerns zwischen den Fenstern 8a und den Nuten 3A und der Zustand des Überlagerns zwischen den Fenstern 8b und den Nuten 3A so, daß sie in Umfangsrichtung entgegengesetzt sind. Dadurch sind die breitenweise mittigen Abschnitte der Fenster 8a und 8b in Umfangsrichtung und die breitenweise mittigen Abschnitte der Nuten 3A in Umfangsrichtung gegeneinander um  $\theta/4$  versetzt.

Das zylindrische Bauteil 8 ist durch einen Spulenkörper 9 umgeben, um welchen zwei Spulen 10 und 11, die gleichen Spezifikationen aufweisen, gewickelt sind. Das heißt, die Spulen 10 und 11 sind koaxial zum zylindrischen Bauteil 8 angeordnet. Die Spule 10 ist um den Spulenkörper 9 herumgewickelt, um die Abschnitte zu umgeben, in welche die Fenster 8a eingeformt sind, während die Spule 11 um den Spulenkörper 9 herumgewickelt ist, um die Abschnitte zu umgeben, in welche die Fenster 8b eingeformt sind.

Der Spulenkörper 9 ist ein Bauteil, welches aus einem nichtleitenden Material, wie z.B. Plastik hergestellt ist, und ist an dem Gehäuse 1 koaxial zur Antriebswelle 2 der Abtriebswelle 3 befestigt. Der Spulenkörper 9 weist, wie dies in Fig. 3, welche eine perspektivische Ansicht ist, in Fig. 4, welche eine Draufsicht ist, in Fig. 5, welche eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A, die in Fig. 4 dargestellt ist, und in Fig. 6 dargestellt ist, die eine Seitenansicht ist, zwei sich koaxial in Umfangsrichtung

erstreckende Nuten 9A und 9B auf, die in axialer Richtung voneinander beabstandet ausgebildet sind. Die Spule 10 ist entlang der Umfangsnut 9A herumgewickelt, während die Spule 11 entlang der Umfangsnut 9B herumgewickelt ist. Spezieller weist der Spulenkörper 9 zwei zylindrische Abschnitte 9D und 9E auf, die in axialer Richtung durch einen Spalt 9C voneinander beabstandet ausgebildet sind und gleiche Abmessungen aufweisen. Äußere Flansche 9a sind an den äußeren Enden der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E, die nach außen weisen, angeformt, während innere Flansche 9b an den inneren Enden einander gegenüberliegend ausgebildet sind. Die inneren Flansche 9b der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E sind durch Verbindungsabschnitte 9c und 9d jeweils miteinander verbunden, die an zwei Stellen beabstandet voneinander in Umfangsrichtung um 180° ausgebildet sind. Jeder der Verbindungsabschnitte 9c und 9d ist in eine zurückspringende Form ausgebildet, die nach außen in radialer Richtung vorsteht, um den Spalt 9C zu kreuzen.

Ein im wesentlichen rechteckiger parallelepipedförmiger Anschlußklemmenbefestigungsabschnitt 9F ist an eine Endoberfläche des Verbindungsabschnitts 9c angeformt, der in radialer Richtung nach außen weist, wobei der Anschlußklemmenbefestigungsabschnitt 9F nach außen über die Endoberfläche in radialer Richtung vorsteht. Drei Metallanschlußklemmen 12A, 12B und 12C sind an der oberen Oberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F in solch einer Weise gesichert, daß sie in radialer Richtung nach außen vorstehen. Die Anschlußklemmen 12A bis 12C sind derart angebracht, daß sie voneinander um vorherbestimmte Intervalle in Richtung von Tangenten an die sich in Umfangsrichtung erstreckenden Nuten 9A und 9B beabstandet sind. Wenn der zylindrische Abschnitt 9D von einem Abschnitt benachbart zum äußeren Flansch 9a (siehe Fig. 5) betrachtet wird, in einem Zustand, wo der Anschlußklemmenbefestigungsabschnitt 9F an dem oberen Abschnitt angeordnet ist, wird die linke Anschlußklemme eine erste Anschlußklemme 12A genannt, die mittige Anschlußklemme eine zweite Anschlußklemme 12B und die rechte Anschlußklemme eine dritte Anschlußklemme 12C genannt.

Zwei Vorsprünge 9e und 9f, die in Richtungen der Tangenten an die sich in Umfangsrichtung erstreckenden Nuten 9A und 9B vorstehen, sind an die beiden Endoberflächen des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F angeformt. Die Vorsprünge 9e und 9f sind dünne Vorsprünge, die jeweils eine Höhe und eine Breite aufweisen, die schmäler ist als die der Endoberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F. Darüber hinaus ist ein dünner Stufenabschnitt 9g, der sich diagonal nach unten nach rechts von einer Position unterhalb des in Fig. 5 dargestellten Vorsprunges 9e aus erstreckt, in die Seitenoberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F und des Verbindungsabschnittes 9c eingeformt, der benachbart der sich in Umfangsrichtung erstreckenden Nut 9A ist, dabei der Abschnitt nahe der Umfangsnut 9A etwas verdickt wird. In ähnlicher Weise ist ein dünner Stufenabschnitt 9h, der sich diagonal nach unten von einer Position unterhalb des Vorsprunges 9f nach unten erstreckt, in die Seitenoberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F und dem Verbindungsabschnitt 9c eingeformt, der benachbart der Umfangsnut 9B ist, dabei den Abschnitt nahe der Umfangsnut 9B etwas verdickt. Die Spulen 10 und 11 sind entlang der Umfangsnuten 9A und 9B des Spulenkörpers 9 gewickelt, wobei sie die

obengenannte Form aufweisen.

Die Spulen 10 und 11 sind kontinuierlich durch eine Spulenwicklungsmaschine gewickelt. Der Vorgang zum Wickeln der Spulen 10 und 11 wird nun beschrieben mit Bezug auf Fig. 4. Anfänglich wird ein Draht entgegen dem Uhrzeigersinn auf die erste Anschlußklemme 12A gewickelt, und dann wird der Draht diagonal nach oben links gezogen, wie dies durch ①

in Fig. 4 dargestellt ist, um den Draht von der Seitenoberfläche des Vorsprunges 9e benachbart zur Umfangsnut 9B in den unteren Oberflächenabschnitt einzubringen, gefolgt von Ziehen des Drahtes zu einer Position benachbart der Umfangsnut 9A. Dem in die Position benachbart zur Umfangsnut 9A gezogenen Draht ist es erlaubt, graduell sich der Oberfläche der Umfangsnut 9A entlang des Stufenabschnitts 9g anzunähern. Dann wird der Draht im Uhrzeigersinn um die Umfangsnut 9A um eine vorherbestimmte Anzahl von Male herumgewickelt in einen Zustand, wo die Umfangsnut 9A von einer Position nahe des äußeren Flansches 9a gesehen wird (siehe Fig. 5).

Nachdem der Draht um die Umfangsnut 9A eine vorherbestimmte Anzahl von Male herumgewickelt wurde, wird der Draht wiederum von der Umfangsnut 9A getrennt, wie dies durch ②

bezeichnet, in Fig. 4 dargestellt ist. Dann wird der Draht von der unteren Oberfläche des Vorsprunges 9f zur oberen Oberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F durch die Seitenoberfläche benachbart der Umfangsnut 9B gezogen. Dann wird der Draht entgegen dem Uhrzeigersinn um die dritte Anschlußklemme 12C mehrere Male herumgewickelt. Dann, wie dies mit ③

bezeichnet, in Fig. 4 dargestellt ist, wird der Draht diagonal nach unten rechts gezogen, wenn es wie in Fig. 4 betrachtet wird. Dann wird der Draht von der Seitenoberfläche des Vorsprunges 9f benachbart zur Umfangsnut 9A in die untere Oberflächenposition gezogen, und dann wird er in eine Position benachbart zur Umfangsnut 9B gezogen. Dem in die Position nahe der Umfangsnut 9B gezogenen Draht ist es erlaubt, graduell sich der Oberfläche der Umfangsnut 9B entlang des Stufenabschnittes 9h zu nähern. Dann, wird der Draht im Uhrzeigersinn um die Umfangsnut 9B eine vorherbestimmte Anzahl von Male herumgewickelt in einen Zustand, wo die Umfangsnut 9B von einer Position benachbart des äußeren Flansches 9a aus gesehen wird.

Nachdem der Draht die vorherbestimmte Anzahl von Male um die Umfangsnut 9B herumgewickelt worden ist, wird der Draht wiederum von der Umfangsnut 9B getrennt, wie dies durch ④

bezeichnet, in Fig. 4 dargestellt ist, und dann wird der Draht zum oberen Oberflächenabschnitt des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F von der unteren Oberfläche des Vorsprunges 9e aus gezogen durch die Seitenoberfläche benachbart der Umfangsnut 9A. Dann wird der Draht entgegen dem Uhrzeigersinn mehrere Male um die zweite Anschlußklemme 12B herumgewickelt. Auf diese Weise ist der Vorgang des Wickelns des Drahtes vervollständigt.

In dem oben beschriebenen Zustand ist der Draht in der Form, daß ein elektrisch leitender Draht mit einem Isolierbauteil um jede der Anschlußklemmen 12A bis 12C herumgewickelt ist. Dadurch wird kein elektrisches Leiten zwischen jeder der Anschlußklemmen 12A bis 12C und dem Draht hergestellt. Wenn die Anschluß-

klemmen 12A bis 12C von ihren vorn liegenden Enden aus nach dem Vervollständigen des Wickelns in einen Lottank eingetaucht werden sind, wird es für das Lot möglich, an jeder der Anschlußklemmen 12A bis 12C zu kleben. Darüber hinaus wird die Wicklung mit der Hitze des Lots geschmolzen. Daher kann jede der Anschlußklemmen 12A bis 12C mit dem Draht elektrisch leitend verbunden werden. Wie aus Fig. 4 verstanden werden kann, kann durch den oben beschriebenen Wicklungs- 10 vorgang in ein Kreuzen der Drähte an der oberen Oberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F verhindert werden. Daher kann ein Kurzschluß des Drahtes verhindert werden, wenn das Löten durchgeführt wird.

Wie in Fig. 3 in einer explosionsartigen Darstellung darstellt ist, sind Jochbauteile 13A und 13B, die jeweils eine im wesentlichen zylindrische Form aufweisen, an dem Spulenkörper 9 befestigt, um die Umfangsnuten 9A und 9B von der Außenseite her abzudecken. Darüber hinaus ist ein im wesentlichen ringförmiges Jochbauteil 13C in dem Spalt 9C des Spulenkörpers 9 aufgenommen.

Wie ebenso in Fig. 4 dargestellt ist, welche eine Draufsicht ist, welche einen Zustand darstellt, wo jedes der Jochbauteile 13A bis 13C befestigt ist, in Fig. 8, welche eine Schnittansicht entlang der Linie B-B, die in Fig. 7 dargestellt ist, und Fig. 9 dargestellt ist, welche eine Schnittansicht entlang der Linie C-C ist, welche in Fig. 8 dargestellt ist, weist das Jochbauteil 13C flache Abschnitte 13A und 13B auf, die voneinander beabstandet sind um einen Winkelgrad von 180° in Umfangsrichtung der äußeren Oberfläche der Jochbauteile 13C, um es ihnen zu erlauben, zu dem in Radialrichtung sich erstreckenden inneren Oberflächen der beiden Verbindungsabschnitte 9c und 9d zu passen, die quer über den Spalt 9C verlaufen. Darüber hinaus ist der innere Durchmesser der Jochbauteile 13C der gleiche wie der innere Durchmesser jeder der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E, während der äußere Durchmesser der Jochbauteile 13C der gleiche ist wie der äußere Durchmesser des inneren Flanschabschnittes 9b. Jedoch haben die Vorsprünge 13c und 13d jeweils die gleiche Breite wie die Jochbauteile 13C und erstrecken sich in radialer Richtung nach außen um eine Dicke, die etwas geringer ist als die Wanddicke jeder der Jochbauteile 13A und 13B ist, und sind an zwei Positionen jeweils beabstandet von den flachen Abschnitten 13a und 13b auf der äußeren Oberfläche des Jochbauteiles 13C um einen Winkelgrad von 90° ausgebildet. Daher, wenn das Jochbauteil 13C in dem Spalt 9C des Spulenkörpers 9 aufgenommen ist, stehen die Vorsprünge 13c und 13d über den inneren Flansch 9b vor.

Auf der anderen Seite haben die Jochbauteile 13A und 13B die gleiche Form und bestehen aus einem zylindrischen Abschnitt 13d zum Abdecken des Spulenkörpers 9, um welchen die Spulen 10 und 11 gewickelt wurden, und ein ringförmiger unterer Abschnitt 13e ist an einem Ende angeformt, das in axialer Richtung nach außen weist, wenn sie an den Spulenkörper 9 angebracht werden. Der innere Durchmesser des unteren Abschnittes 13e ist der gleiche wie der innere Durchmesser jeder der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E des Spulenkörpers 9. Darüber hinaus sind vier Ausnehmungen 13g, 13h, 13i und 13j beabstandet voneinander um einen Winkelgrad von 90° in Umfangsrichtung in einem Endabschnitt gegenüberliegend dem unteren Abschnitt 13e des zylindrischen Abschnittes 13d eingefügt.

Von den Ausnehmungen 13g bis 13j ist die Ausnehmung 13g eine Ausnehmung zum Aufnehmen des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F, die Ausnehmung 13h eine Ausnehmung zum Aufnehmen des Verbindungsabschnittes 9d und die Ausnehmungen 13i und 13j Ausnehmungen zum Aufnehmen der Vorsprünge 13c und 13d des Jochbauteiles 13C.

Jede der Ausnehmungen 13i und 13j weist eine breitenmäßige (eine in Umfangsrichtung verlaufende) Abmessung auf, die etwas geringer ist als ihre längenmäßige (die in Umfangsrichtung verlaufende) Abmessung jeder der Vorsprünge 13c und 13d. Jedoch, die Abmessung in Richtung der Tiefe (die Axialrichtung) ist halb der Abmessung jeder der Vorsprünge 13c und 13d in Richtung der Dicke (Axialrichtung). Daher, wenn das Jochbauteil 13C an dem Spulenkörper 9 gesichert und die Jochbauteile 13A und 13B angebracht sind, um selbige abzudecken, werden die unteren Oberflächen der Ausnehmungen 13i und 13j in Kontakt mit den Vorsprüngen 13c und 13d gebracht. Daher sind die Stellungen in Axialrichtung der Jochbauteile 13A und 13B fest.

Auf der anderen Seite, weist die Ausnehmung 13g eine Breitenabmessung auf, die gleich der längenmäßigen Abmessung des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F eingeschlossen der Vorsprünge 9e und 9f ist. Jedoch ist die Abmessung in Richtung ihrer Tiefe größer als die Hälfte der Abmessung des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F in Richtung ihrer Dicke. In gleicher Weise hat die Ausnehmung 13h eine breitenmäßige Abmessung, die gleich der längenmäßigen Abmessung des Verbindungsabschnittes 9d ist. Jedoch ist ihre Abmessung in Richtung ihrer Tiefe geringfügig größer als die Hälfte der Abmessung des Verbindungsabschnittes 9d in Richtung ihrer Dicke. Daher, wenn die Jochbauteile 13A und 13B befestigt werden, um den Spulenkörper 9 abzudecken, sind die Stellungen der Jochbauteile 13A und 13B fest, da die inneren Oberflächen der Ausnehmungen 13g und 13h in Kontakt mit den Endoberflächen des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes 9F und des Verbindungsabschnittes 9d gebracht werden.

Da die Ausnehmung 13g die obengenannten Abmessungen aufweist, wird die innere Oberfläche der Ausnehmung 13g in Kontakt mit den Endoberflächen der Vorsprünge 9e und 9f gebracht. Jedoch sind Lücken zwischen den Seitenoberflächen und unteren Oberflächen der Vorsprünge 9e und 9f und der inneren Oberfläche der Ausnehmung 13g ausgebildet. Als ein Ergebnis ist der Draht für die Spulen 10 und 11, der entlang der äußeren Oberflächen der Vorsprünge 9e und 9f angeordnet ist, nicht zwischen der inneren Oberfläche der Ausnehmung 13g und den Vorsprüngen 9e und 9f gehalten. Daher kann ein Brechen der Abdeckung des Drahtes und somit ein Verursachen eines Kurzschlusses zwischen den Jochbauteilen 13A und 13B verhindert werden.

Es wird angemerkt daß ein Raum in dem Gehäuse 1, in welchem das Schneckenrad 6 angeordnet ist, und ein Raum in demselbigen, in welchem der Spulenkörper 9 angeordnet ist, isoliert voneinander sind durch ein Metalldichtungsbauteil 17, so daß Schmieröl, welches zu einem Eingriffsabschnitt zwischen dem Schneckenrad 7 und dem elektrischen Motor zugeführt wird, daran gehindert wird, in dem Abschnitt, der den Spulenkörper 9 aufweist, einzudringen.

Die Enden der Anschlußklemmen 12A bis 12C erreichen einen Sensorkasten 18 durch das Gehäuse 1. Die Spulen 10 und 11 sind mit einer Motorsteuerungsschal-

tung, die auf einer Steuerungsplatine 19 in dem Sensorkasten 18 angeordnet ist, durch die Anschlußklemmen 12A bis 12C verbunden. Der Motorsteuerungsschaltkreis, wie in Fig. 10 dargestellt, weist z. B. einen oszillierenden Abschnitt 21, für ein Zuführen von Wechselstrom, der eine vorherbestimmte Frequenz aufweist, zu den Spulen 10 und 11 durch einen Abschnitt 20 für Gleichstrom, einen Gleichrichtungs- und Glättungsschaltkreis 22 zum Gleichrichten und Glätten der Anschlußklemmenspannung der Spule 10 zum Übertragen der Spannung, einen Gleichrichtungs- und Glättungsschaltkreis 23 zum Gleichrichten und Glätten der Anschlußklemmenspannung der Spule 11, um die Spannung zu übertragen, einen Differentialverstärker 24A und 24B zum Verstärken der Differenz zwischen dem Ausgang des Gleichrichtungs- und Glättungsschaltkreises 22 und dem des Gleichrichtungs- und Glättungsschaltkreises 23, um die verstärkte Differenz zu übertragen, einen Rauschfilter 25A zum Eliminieren einer hochfrequenten Rauschkomponente aus dem Ausgang des Differentialverstärkers 24A, einen Rauscheliminationsfilter 25B zum Eliminieren einer hochfrequenten Rauschkomponente aus dem Auslaß des Differentialverstärkers 24B, einen Drehmomentberechnungsabschnitt 26, welcher die Richtung und den Grad des relativen, rotativen Versatzes zwischen der Antriebswelle 2 und dem zylindrischen Bauteil 8 entsprechend der Ausgaben, z. B., ein Mittelwert aus den Rauscheliminationsfiltern 25A und 25B, und multipliziert ein Ergebnis der Berechnung mit einer vorherbestimmten proportionalen Konstante, um das Lenkungsdrehmoment zu ermitteln, welches in dem Lenkungssystem erzeugt wird, und einen Motorantriebsabschnitt 27 zum Zuführen eines Antriebsstromes 1 zum Elektromotor 7 auf, der in der Lage ist, ein Lenkungsunterstützungsdrehmoment zum Reduzieren des Lenkungsdrehmomentes gemäß einem Ergebnis der durch den Drehmomentberechnungsabschnitt 26 durchgeföhrten Berechnung.

In dieser Ausführungsform sind die Spulen 10 und 11 zum Motorsteuerungsschaltkreis durch die drei Anschlußklemmen 12A und 12C verbunden. Von diesen drei Anschlußklemmen ist die erste Anschlußklemme 12A, mit welcher eines der Enden (das Ende an welchem die Windung des Drahtes begonnen wird) der Spule 10 verbunden ist, über den elektrischen Widerstand R mit dem Abschnitt verbunden, der den oszillierenden Abschnitt 21 aufweist, ist die zweite Anschlußklemme 12B, mit welcher eines der Enden (das Ende an welchem die Windung des Drahtes beendet ist) der Spule 11 verbunden ist, durch den anderen elektrischen Widerstand R mit dem Abschnitt verbunden, der den oszillierenden Abschnitt 21 aufweist; und ist die Anschlußklemme 12C, welche eine gemeinsame Anschlußklemme ist, mit welcher das andere Ende (der mittlere Abschnitt des Drahtes) der Spulen 10 und 11 verbunden ist, mit der Erde verbunden.

Der Betrieb dieser Ausführungsform wird nun beschrieben.

Angenommen, daß das Lenkungssystem sich in einem geradeaus-Fahrtzustand befindet und daher das Lenkungsdrehmoment Null ist, dann findet keine relative Drehung zwischen der Antriebswelle 2 und der Abtriebswelle 3 statt. Daher findet keine relative Drehung zwischen der Abtriebswelle 3 und dem zylindrischen Bauteil 8 statt.

Wenn Drehkraft in der Antriebswelle 2 erzeugt wird, da das Lenkrad betätigt wurde, wird die Drehkraft auf die Abtriebswelle 3 durch den Torsionsstab 4 übertragen.

Zu dieser Zeit wird ein Widerstand, der der Reibkraft zwischen den gesteuerten Rädern und der Oberfläche der Straße und der Reibkraft, die aufgrund des Eingriffs zwischen den Zahnrädern und des Zahnstangenlenkungsapparates (nicht dargestellt), der am linken Ende der Zeichnung ausgebildet ist, in der Abtriebswelle 3 erzeugt. Daher findet eine relative Drehung zwischen der Antriebswelle 2 und der Abtriebswelle 3 in solch einer Weise statt, daß die Abtriebswelle 3 nachläuft, da der Torsionsstab 4 verdreht ist. Darüber hinaus findet eine relative Rotation auch zwischen der Abtriebswelle 3 und dem zylindrischen Bauteil 8 statt.

In einem Zustand, wo das zylindrische Bauteil 8 kein Fenster aufweist, wird ein Erzeugen eines alternativen Magnetfeldes in den Spulen durch den Spulen zugeführten Wechselstrom einen Wirbelstrom erzeugen, der auf der äußeren Oberfläche des zylindrischen Bauteiles 8 in einer Richtung entgegengesetzt einer Richtung fließt, in welcher der Spulenstrom fließt, da das zylindrische Bauteil 8 aus elektrisch leitendem und nichtmagnetischem Material hergestellt ist.

Wenn das magnetische Feld, welches durch den Wirbelstrom erzeugt wird, und das magnetische Feld, welches durch die Spulen erzeugt wird, überlagert werden, wird das magnetische Feld in dem zylindrischen Bauteil 8 ausgeglichen.

Wenn die Fenster 8a und 8b in dem zylindrischen Bauteil 8 vorgesehen sind, kann der Wirbelstrom, welcher auf der äußeren Oberfläche des zylindrischen Bauteiles 8 erzeugt wird, nicht entlang der äußeren Oberfläche fließen, da die Fenster 8a und 8b ausgebildet sind. Daher wird der Wirbelstrom in den inneren Abschnitten des zylindrischen Bauteiles 8 entlang der Endoberflächen der Fenster 8a und 8b eingebbracht und fließt entlang der inneren Oberfläche in derselben Richtung wie die Richtung des Spulenstromes. Dann fließt der Wirbelstrom entlang der Endoberflächen der benachbarten Fenster 8a und 8b und kehrt dann an die äußere Oberfläche zurück. Dadurch wird ein Kreislauf gebildet.

Das heißt, es wird ein Zustand realisiert, in welchem der Kreislauf des Wirbelstromes periodisch ( $\theta = 360/N$ ) in der Spule angeordnet ist.

Die magnetischen Felder, welche durch den Spulenstrom und den Wirbelstrom erzeugt werden, werden überlagert, so daß periodisch die Stärkung und Schwächung des magnetischen Feldes in Umfangsrichtung und ein magnetisches Feld, welches einen Gradienten aufweist, der in Richtung zur Mitte reduziert ist, in den äußeren und inneren Abschnitten des zylindrischen Bauteiles 8 ausgebildet wird. Die Stärkung und Schwächung des magnetischen Feldes in Umfangsrichtung findet in solch einer Weise statt, daß das magnetische Feld in den mittigen Abschnitten der Fenster 8a und 8b intensiviert wird, was erheblich beeinflußt wird durch die benachbarten Wirbelströme, und wird in den Abschnitten geschwächt, die gegenüber den mittigen Abschnitten um eine halbe Periode ( $\theta/2$ ) versetzt sind. Innerhalb des zylindrischen Bauteiles 8, ist die Abtriebswelle 3, die aus einem magnetischen Material hergestellt ist, koaxial angeordnet. Die Abtriebswelle 3 ist mit ihren Vorsprüngen und Ausnehmungen derart angeordnet, daß sie dieselbe Periode aufweisen wie die Fenster 8a und 8b bei der Nut 3A. Das magnetische Bauteil, welches in dem magnetischen Feld angeordnet ist, wird magnetisiert und wird dadurch dazu veranlaßt, eine spontane Magnetisierung (magnetischer Fluß) in einer Menge zu erzeugen, die vergrößert wird gemäß der Intensität des magnetischen Feldes, bis es gesättigt ist.

Daher veranlaßt das periodische Verstärken und Schwächen in Umfangsrichtung, was durch das zylindrische Bauteil 8 und das magnetische Feld erzeugt wird, das die Gradienten in radialer Richtung aufweist, ein Vergrößern oder Reduzieren der spontanen Magnetisierung der Abtriebswelle 3 gemäß der relativen Phase bezüglich des zylindrischen Bauteiles 8. Die spontane Magnetisierung ist so ausgelegt, daß sie maximal in einer Phase ist, in welcher die Mitten der Fenster 8a und 8b und die Mitten der Vorsprünge zusammenfallen.

Entsprechend der Änderung in der spontanen Magnetisierung, wird auch die Induktivität jeder der Spulen 10 und 11 in Form von im wesentlichen Sinuswellen geändert. In einem Zustand, wo kein Drehmoment auftritt, wird ein Zustand, der gegenüber der Phase, in welcher die spontane Magnetisierung (Induktivität) bei einer  $1/4$  Periode ( $\theta/4$ ) maximal ist, versetzt ist, realisiert. Darüber hinaus wird die Phase der Fensterreihe benachbart zur Hülse 2A und die der anderen Fensterreihe derart ausgelegt, daß sie um  $1/2$  Periode ( $\theta/2$ ) zueinander verschieden sind, wie dies oben beschrieben ist.

Daher bewirkt ein Erzeugen der Differenz in der Phase zwischen dem zylindrischen Bauteil 8 und der Abtriebswelle 3 aufgrund des Drehmoments, daß die Induktivität einer der Spulen 10 und 11 vergrößert wird. Auf der anderen Seite wird die Induktivität der anderen Spule um die gleiche Rate reduziert. Wenn die Induktivität jeder der Spulen 10 und 11 wie oben beschrieben, geändert wird, werden auch die Impedanzpegel der Spulen 10 und 11 in ähnlicher Weise geändert unter der Bedingung, daß die Frequenzen der zugeführten elektrischen Ströme aus dem Stromverstärkungsabschnitt 26 konstant sind. Darüber hinaus werden die Selbstinduktivitäten elektromagnetischen Kräfte der Spulen 10 und 11 in ähnlicher Weise geändert. Dadurch werden die Ausgänge der Differentialverstärker 24A und 24B zum Erhalten der Differenz zwischen den Anschlußklemmenspannungen zwischen den Spulen 10 und 11 gemäß der Richtung und der Größe des Lenkungsdrehmomentes geändert. Da die Differentialverstärker 24A und 24B die Differenz zwischen dem Gleichrichtungs- und Glättungsschaltungskreis 22 und dem Gleichrichtungs- und Glättungsschaltungskreis 23 ermitteln, kann eine Änderung der Selbstinduktivität, die aufgrund der Temperatur oder dergleichen auftritt, ausgeglichen werden.

Der Drehmomentberechnungsabschnitt 26 errechnet einen Mittelwert der Ausgänge aus den Differentialverstärkern 24A und 24B, die durch die Rauscheliminationsfilter 25A und 25B zugeführt werden, und multipliziert dann die Mittelwerte mit, z. B. einer vorherbestimten proportionalen Konstanten, um das Lenkungsdrehmoment zu erhalten, gefolgt von Zuführen des Ergebnisses zu dem Motorantriebsabschnitt 27. Der Motorantriebsabschnitt 27 führt dem elektrischen Motor 7 Antriebsstrom 1 entsprechend der Richtung und der Größe des Lenkungsdrehmomentes zu.

Als Ergebnis wird eine Rotationskraft entsprechend der Richtung und der Größe des Lenkungsdrehmomentes, welches in dem Steuerungssystem erzeugt wird, durch den elektrischen Motor 7 erzeugt. Die Rotationskraft wird der Abtriebswelle 3 durch das Schneckenrad usw. zugeführt. Dadurch wird ein die Lenkung unterstützendes Drehmoment der Abtriebswelle 3 zugeführt und dadurch kann das Lenkungsdrehmoment reduziert werden und die Last, welche durch den Fahrer aufgebracht werden muß, kann reduziert werden.

In dieser Ausführungsform sind die Spulen 10 und 11 vorgesehen, um die Änderung der Selbstinduktivität, die

aufgrund von Temperaturen oder dergleichen auftritt, auszugleichen. Die Spulen 10 und 11 sind um einen gemeinsamen Spulenkörper 9 gewickelt. Darüber hinaus sind die zwei Spulen 10 und 11 kontinuierlich durch eine Wicklungsmaschine gewickelt. Daher wird Dispersion in den Spannungen und den Durchmessern des Drahtes der Spulen 10 und 11 signifikant verhindert. Dadurch wird jegliche komplizierte Handhabung und dergleichen nicht benötigt, um die beiden Spulen 10 und 11, welche derart betrachtet werden, als daß sie die gleichen Spezifikationen aufweisen, in einem Drehmomentsensor anzubringen. Da auch Deviation der Achsen der Spulen 10 und 11 verhindert werden kann, wird ein Einstellen der Balance des Brückenschaltkreises, das durchgeführt werden muß, wenn sie an den Motorsteuerungsschaltkreis wie in Fig. 10 angeschlossen werden, nicht benötigt oder vereinfacht. Dadurch, ohne die Kosten exzessive zu erhöhen, ist es möglich, zuverlässig die Änderung der Induktivität in jeder der Spulen 10 und 11 auszugleichen, die aufgrund von anderen Faktoren als Drehmoment auftritt. Als Ergebnis kann ein Drehmomentsensor ermöglicht werden, der eine exzellente Ermittlungsgenauigkeit aufweist.

Da diese Ausführungsform in solch einer Weise angeordnet ist, daß der oben beschriebene Vorgang zum Wickeln des Drahtes um die drei Anschlußklemmen 12A bis 12C angewendet wird, und die Spalte um die Vorsprünge 9e und 9f eingeformt sind, um den Draht aufzunehmen, kann das Auftreten eines Kurzschlusses zwischen mittleren Abschnitten des Drahtes und zwischen dem Draht und den Jochbauteilen 13A oder 13B zuverlässig verhindert werden.

Darüber hinaus, da diese Ausführungsform in solch einer Weise angeordnet ist, daß die zylindrischen Jochbauteile 13A und 13B und das ringförmige Jochbauteil 13C beliebig miteinander in Eingriff gebracht sind, wird ein Abweichen der Achsen der Gesamtkörper der Jochbauteile 13A und 13C verhindert. Darüber hinaus, wird eine Abweichung zwischen den Achsen jedes der Jochbauteile 13A bis 13C und der des Spulenkörpers 9 verhindert. Die oben beschriebenen Vorteile tragen dazu bei, die Ermittlungsgenauigkeit des Drehmomentsensors zu erhöhen.

Da der Spulenkörper 9 gemeinsam von den beiden Spulen 10 und 11 verwendet wird, kann die Anzahl der Elemente reduziert und die Anzahl der Herstellungs-vorgänge, die notwendig sind, um die Elemente an dem Gehäuse 1 zu montieren, reduziert werden. Auch diese Tatsache trägt zum Reduzieren der Kosten bei.

Da der Draht in dieser Ausführungsform um den Spulenkörper 9 durch den oben beschriebenen Vorgang gewickelt ist, wird jede, die erste Anschlußklemme 12A und die zweite Anschlußklemme 12B mit dem Stromversorgungsabschnitt durch den elektrischen Widerstand R und die dritte Anschlußklemme 12C verbunden, welche eine gemeinsame Anschlußklemme für die Spulen 10 und 11 ist, die mit der Erde verbunden ist. Daher fließen elektrische Ströme in den Spulen 10 und 11 in dieselbe Richtung, sogar wenn der Draht um die Spulen 10 und 11 in einander entgegengesetzten Richtungen gewickelt ist. Als Ergebnis haben die Spulen 10 und 11 die gleiche Polarität.

Obwohl die oben beschriebene Ausführungsform in solch einer Weise strukturiert ist, daß jede, die erste Anschlußklemme 12A und die zweite Anschlußklemme 12B mit der Stromquelle durch den elektrischen Widerstand R und die dritte Anschlußklemme 12C, mit der Erde verbunden sind, ist die Struktur nicht darauf be-

schränkt. Zum Beispiel kann eine Konstruktion verwendet werden, bei der die dritte Anschlußklemme 12C mit dem Abschnitt, der den oszillierenden Abschnitt 21 aufweist, durch den Gleichstromabschnitt 20 verbunden ist,

5 daß die erste Anschlußklemme 12A mit der Erde durch den elektrischen Widerstand R ist und die zweite Anschlußklemme 12B mit der Erde durch den elektrischen Widerstand R verbunden ist, um das Drehmoment zu ermitteln.

10 Obwohl die oben beschriebene Ausführungsform eine Struktur aufweist, bei welcher der Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung auf einen elektrischen Servolenkungsapparat für ein Fahrzeug angewendet wird, ist die vorliegende Erfindung darauf nicht beschränkt. Die Konstruktion kann auch für einen Drehmomentsensor für einen anderen Zweck verwendet werden.

15 In dieser Ausführungsform bilden die Antriebswelle 2, die Hülse 2A, die Abtriebswelle 3, die Nut 3A, der Torsionsstab 4 und das zylindrische Bauteil 8 die Impedanzänderungseinrichtung.

Obwohl die oben beschriebene Ausführungsform eine Struktur aufweist, bei der der Spulenkörper 9 ein integral gegossenes Produkt ist, ist die vorliegende Er-

25 findung nicht darauf beschränkt. Zum Beispiel kann eine in Fig. 11 dargestellte Struktur verwendet werden, bei welcher der Spulenkörper 9 geteilt werden kann für jeden der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E an den Verbindungsschnitten 9c und 9d. Das heißt, jedes der

30 zwei gegossenen Elemente, die durch Teilen jeden der zylindrischen Abschnitte 9D und 9E erhalten werden, können miteinander kombiniert werden, so daß der Spulenkörper 9 gebildet wird, auf welchen die Spulen 10 und 11 gewickelt werden. In dem Fall, wo der Spulenkörper 9 derart gestaltet ist, um ein Element des geteilten Typs zu sein, kann er leicht zu niedrigen Kosten hergestellt werden, sogar wenn er eine komplizierte Form aufweist. Um die benötigte Arbeit zum Montieren des Spulenkörpers 9 zu reduzieren, können eine Ausnehmung 9i und ein Vorsprung 9j, die derart angeordnet sind, um mit der Kontaktfläche jeder der geteilten Verbindungsschnitte 9c und 9d in Eingriff gebracht zu werden, ausgebildet werden, wie dies in Fig. 11 dargestellt ist.

Wie oben beschrieben, kann gemäß der vorliegenden Erfindung, bei welcher die beiden Nuten in axialer Richtung voneinander beabstandet sind und koaxial zur sich drehenden Welle für den Spulenkörper, der am Gehäuse befestigt ist, vorgesehen sind, und jede der Spulen um jede der beiden Nuten herumgewickelt ist, eine Abweichung der Spannungen in den Spulen und der Durchmesser der Drähte signifikant reduziert werden. Daher können die beiden Spulen, von welchen angenommen wird, daß sie dieselben Spezifikationen aufweisen, in einen Drehmomentsensor eingebracht werden, ohne eine komplizierte Handhabung. Daher kann ein Effekt in der Weise erzielt werden, daß eine Änderung der Induktivität der Spulen, welche aufgrund von anderen Faktoren als Drehmoment auftritt, zuverlässig ausgeglichen werden kann, ohne eine exzessive Erhöhung der Kosten.

Eine zweite Ausführungsform eines Drehmomentsensors gemäß der vorliegenden Erfindung wird als nächstes beschrieben.

Wie in Fig. 12 dargestellt, weist der Drehmomentsensor der zweiten Ausführungsform eine ähnliche Struktur auf wie der der ersten Ausführungsform, die in Fig. 2 dargestellt ist. Das Merkmal der zweiten Ausführungsform liegt in der Konstruktion des Jochbauteiles, wel-

ches die äußere Oberfläche und beide Endoberflächen der jeweiligen Spulen 10 und 12 abdeckt. Die anderen Komponenten des Drehmomentsensors der zweiten Ausführungsform können dieselben sein wie bei dem Drehmomentsensor der ersten Ausführungsform oder denen eines konventionellen Drehmomentsensors. In Fig. 12 werden die gleichen Komponenten wie in Fig. 2 mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und ihre Beschreibung wird ausgelassen.

Die Jochbauteile bestehen aus Eisen. Da die Jochbauteile ähnliche Strukturen aufweisen, wird die folgende Beschreibung nur für das Jochbauteil 14 gegeben, welches die Spule 11 abdeckt.

Das heißt, Fig. 13(a) ist eine Schnittansicht des Jochbauteiles 14 und Fig. 13(b) ist eine Vorderansicht des Jochbauteiles 14. Es wird angemerkt, daß Fig. 13(a) einer Querschnittsansicht entlang der Linie A-A entspricht, die in Fig. 3(b) dargestellt ist.

Wie in den Fig. 13(a) und 13(b) dargestellt, besteht das Jochbauteil 14 aus einem ringförmigen Bauteil 14A zum Abdecken der äußeren Oberfläche und einem Abschnitt einer Endoberfläche der Spule 11 und weist einen L-förmigen Querschnitt auf; und ein ringförmiges Bauteil 14B weist eine rechteckige Querschnittsform auf zum Abdecken einer anderen Endoberfläche der Spule 11. Der Abschnitt des ringförmigen Bauteiles 14A zum Abdecken der äußeren Oberfläche der Spule 11 deckt auch die äußere Oberfläche des ringförmigen Bauteiles 14B ab. Als ein Ergebnis werden die gesamte äußere Oberfläche und die beiden Endoberflächen der Spule 11 durch das Jochbauteil 14 abgedeckt.

Es wird angemerkt, daß drei ausgeschnittenen Abschnitte 16A, 16B und 16C in dem Abschnitt des ringförmigen Bauteiles 14A zum Abdecken des ringförmigen Bauteiles 14B mit den gleichen Intervallen in Umfangsrichtung (d. h. Winkelgrade von 120°) ausgebildet sind. Es wird angemerkt, daß die ausgeschnittenen Abschnitte 16A, 16B und 16C Abmessungen aufweisen, die in solch einer Weise bestimmt sind, daß sie ein wenig die äußere Oberfläche der Spule 11 überlagern. Ein Anschlußklemmenhaltebauteil 17, welches aus einem nichtleitenden Material, wie z. B. Plastik, hergestellt ist, ist an der äußeren Oberfläche des ringförmigen Bauteiles 14B in solch einer Weise befestigt, daß das Anschlußklemmenhaltebauteil 17 in dem ausgeschnittenen Abschnitt 16A aufgenommen ist. Zwei Anschlußklemmen 17A und 17B weisen vordere Enden auf, die in radialer Richtung vorstehen, die an der Oberfläche des Anschlußklemmenhaltebauteiles 17 befestigt sind, wobei sie in radialer Richtung nach außen weisen. Ein Basisabschnitt der Anschlußklemme 17A ist mit einem der Endabschnitte der Spule 11 verbunden, während der Basisabschnitt der anderen Anschlußklemme 17B mit einem anderen Endabschnitt der Spule 11 verbunden ist. Als ein Ergebnis der oben beschriebenen Struktur werden die beiden Enden der Spule 11 zur Außenseite des Jochbauteiles 14 gezogen.

Obwohl jeder der ausgeschnittenen Abschnitte 16B und 16C die gleichen Abmessungen aufweist wie der des ausgeschnittenen Abschnittes 16A, ist kein Anschlußklemmenhaltebauteil oder dergleichen vorgesehen, um jedem der ausgeschnittenen Abschnitte 16B und 16C zu entsprechen. Daher sind Abschnitte der Spulenkörper 9'A und 9'B nach außen in den Abschnitten freigelegt, in welchen die ausgeschnittenen Abschnitte 16B und 16C ausgebildet sind.

Auch das andere Jochbauteil, welches die Spule 10 abdeckt, weist eine Struktur auf, die ähnlich zu der des

Jochbauteiles 14 ist. Die beiden Jochbauteile können in dem Gehäuse 1 eines elektrischen Servolenkungsapparates für Fahrzeuge (siehe Fig. 1) in solch einer Weise angeordnet sein, daß die ringförmigen Bauteile der zugehörigen Jochbauteile sich in Kontakt miteinander befinden, und daß die Anschlußklemmenbefestigungsbau teile der zugehörigen Jochbauteile übereinanderliegen und aneinander angrenzen.

Den vorderen Enden jeder vier Anschlußklemmen 17A und 17B ist es möglich, sich durch das Gehäuse 1 hindurchzuerstrecken und den inneren Abschnitt des Sensorkastens 18 zu erreichen. Die Spulen 10 und 11 sind durch die Anschlußklemmen 17A und 17B mit einem Motorsteuerungsschaltkreis verbunden, der auf einer Steuerungsplatine 19 in dem Sensorkasten 18 angebracht ist.

Der Betrieb des Drehmomentsensors der zweiten Ausführungsform ist der gleiche wie der der ersten Ausführungsform.

In dieser Ausführungsform sind die Jochbauteile zum Halten der Spulen 10 und 11 in ihrem inneren Abschnitt, zusätzlich zu dem ausgeschnittenen Abschnitt 16A zum Nach-Außen-Ziehen der Anschlußklemmen der Spulen 10 und 11, mit ausgeschnittenen Abschnitten 16B und 16C in solch einer Weise versehen, so daß Stellungen der ausgeschnittenen Abschnitte 16A bis 16C um Winkelgrade von 120° in Umfangsrichtung versetzt sind. Daher kann eine Änderung der Impedanz jeder der Spulen 10 und 11, welche aufgrund von Irregularität des magnetischen Feldes im inneren Abschnitt jeder der Spulen 10 und 11 auftritt, die durch jeden der ausgeschnittenen Abschnitte 16A bis 16C hervorgerufen wird, reduziert werden.

Das heißt, es wird angenommen, daß der Drehmomentsensor dieser Ausführungsform auf den in Fig. 1 dargestellten Servolenkungsapparat angewendet wird, bei welchem der Wechsel des Zustandes des Überlagers der Nut 3A und der Fenster 8a und 8b ein Ändern der Impedanz jeder Spulen 10 und 11 verursacht. Wenn acht Sätze der Nuten 3A und der Fenster 8a und 8b in Umfangsrichtung existieren, verursacht eine Irregularität in den Spulen 10 und 11, welche z. B. aufgrund des ausgeschnittenen Außenabschnittes 16A hervorgerufen wird, daß acht Wellen von Änderung in der Impedanz auftreten, unabhängig vom Drehmoment, welches für jede Rotation der Abtriebswelle 3 auftritt.

Es wird angemerkt, daß die Änderung der Impedanz unabhängig vom Drehmoment und Auftreten aufgrund der Irregularität des magnetischen Flusses in den Spulen 10 und 11, auch aufgrund des ausgeschnittenen Abschnittes 16B und des ausgeschnittenen Abschnittes 16C stattfindet. Daher kann eine Änderung der Impedanz unabhängig vom Drehmoment, die durch jeden der ausgeschnittenen Abschnitte 16A bis 16C auftritt, intensiviert oder geschwächt werden durch beliebiges Auswählen der Anzahl und der Positionen der ausgeschnittenen Abschnitte 16A bis 16C.

Wenn die jeweiligen Jochbauteile mit einem ausgeschnittenen Abschnitt, der dieselben Abmessungen wie die des ausgeschnittenen Ausschnittes 16A aufweist, zusätzlich zu dem ausgeschnittenen Ausschnitt 16A an einer Position, die von derselben um 180° abweicht, zusätzlich versehen sind, und wenn acht Sätze von Nuten 3A und von Fenstern 8a und 8b in Umfangsrichtung in gleichen Intervallen vorgesehen sind, werden Änderungen der Impedanz, welche aufgrund der beiden ausgeschnittenen Abschnitte erzeugt werden, gleichzeitig erzeugt. Daher intensivieren Änderungen in der Impedanz

danz gegenseitig den Grad.

Wenn die drei ausgeschnittenen Abschnitte 16A bis 16C in dieser Ausführungsform ausgebildet sind und wenn acht Sätze von Nuten 3A und der Fenster 8a und 8b in Umfangsrichtung an gleichen Intervallen existieren, wird die Phase der positionsbezogenen Zuordnung zwischen dem ausgeschnittenen Abschnitt 16B jeder Nut 3A bezüglich ihrer positionsbezogenen Anordnung zueinander, wird z. B. der ausgeschnittene Abschnitt 16A in jeder Nut 3A um  $2\pi/3$  verzögert. Darüber hinaus ist die Phase des positionsbezogenen Verhältnisses zwischen dem ausgeschnittenen 16C und jeder Nut 3A um  $4\pi/3$  verschoben. Daher werden Änderungen der Impedanz, unabhängig vom Drehmoment und aufgrund jeder der ausgeschnittenen Ausschnitte 16A bis 16C, gegenüber geschwächt. Das Ergebnis ist die Änderung der Impedanz signifikant reduziert.

Fig. 14 zeigt Ergebnisse des Messens einer Änderungsrate der Impedanz der Spule 10, wenn acht Sätze von Nuten 3A und Fenster 8a und 8b vorgesehen sind und wenn die Antriebswelle 2 und die Abtriebswelle 3 einmal in einen Zustand gedreht wurden, wo das erhaltene Drehmoment Null ist. Gemäß den Ergebnissen werden Änderungen kleiner Amplitude und niedriger Frequenz (ein Zyklus pro Rotation) und Änderungen hoher Frequenz (acht Zyklen pro Umdrehung), die eine geringe Amplitude aufweisen, der Impedanz beobachtet. Da Änderung niedriger Frequenz aufgrund von Fehlern, die beim Herstellen der Nut 3A, des zylindrischen Bauteils 8 und dergleichen begangen wurden, auftreten, ermöglicht es die Elimination der Differenz beim Differenzverstärker 24A und 24B, der wie in Fig. 10 strukturiert ist, daß die Änderungsrate der Ausgabespannung nur von hochfrequenter Änderung ist, die eine sehr geringe Amplitude aufweist, wie dies in Fig. 15 dargestellt. Dadurch kann eine signifikant genaue Ermittlung des Drehmoments durchgeführt werden. Daher kann ein passendes, lenkungsassistierendes Drehmoment dem Lenkungssystem zugeführt werden.

Wenn der ausgeschnittene Ausschnitt 16A ausgebildet ist und die ausgeschnittenen Abschnitte 16B und 16C ausgelassen werden, ähnlich wie bei einem konventionellen Drehmomentsensor, treten Änderungen kleiner Amplitude und niedriger Frequenz (ein Zyklus pro Umdrehung) und Änderungen großer Amplitude und hoher Frequenz (acht Zyklen pro Umdrehung) in der Impedanz der Spule 10 auf, wie dies in Fig. 16 dargestellt ist, sogar wenn das Drehmoment Null ist. Auch treten Änderungen in der Impedanz der Spule 11 von kleiner Amplitude und niedriger Frequenz (ein Zyklus pro Umdrehung) und Änderungen großer Amplitude und hoher Frequenz (acht Zyklen pro Minute) auf, wie dies in Fig. 17 dargestellt ist. Da die Fenster 8a und 8b eine Phasendifferenz von  $180^\circ$  aufweisen, werden die Phasen der Komponenten der hochfrequenten Änderungen der Impedanz der Spule 11 um  $180^\circ$  verschoben bezüglich der hochfrequenten Komponente der Änderungen der Impedanz der Spule 10.

Daher, sogar wenn die Differentialverstärker 24A und 24B die Differenz eliminieren, werden die hochfrequenten Komponenten unerwünscht verstärkt, obwohl die niederfrequenten Komponenten der Änderungen ausgeglichen werden können. Als ein Ergebnis wurden die Ausgangsspannungen von dem Differentialverstärker 24A, 24B, wie dies in Fig. 18 dargestellt ist, erheblich geändert, unabhängig vom Drehmoment. Dadurch verschlechtert sich die Genauigkeit des Drehmomentermittelns und ein Problem entsteht, wenn eine zufriedenstel-

lende Steuerung des die Lenkung unterstützenden Drehmomentes durchgeführt werden soll.

In dieser Ausführungsform entspricht der Antriebswelle 2 der zweiten sich drehenden Welle, die Abtriebswelle 3 entspricht der ersten sich drehenden Welle, der Abschnitt der Abtriebswelle 3, der durch das zylindrische Bauteil 8 umgeben ist, entspricht dem umgebenden Abschnitt, der ausgeschnittene Abschnitt 16A entspricht dem ersten ausgeschnittenen Ausschnitt und die ausgeschnittenen Abschnitte 16B und 16C entsprechen dem zweiten ausgeschnittenen Abschnitt.

Die obenbeschriebene Ausführungsform ist in solch einer Weise strukturiert, daß wenn acht Sätze von Nuten 3A und der Fenster 8a und 8b in Umfangsrichtung existieren, die drei ausgeschnittenen Ausschnitte 16A bis 16C an den gleichen Intervallen in Umfangsrichtung ausgebildet sind, so daß sie gegenseitig die Phasen der Änderungen der Impedanz schwächen. Jedoch die Anzahl und die Positionen der ausgeschnittenen Abschnitte, welche in den Jochbauteilen ausgebildet sind, sind nicht auf die gemäß der Ausführungsform beschränkt. Sie können beliebig gewählt werden, um der Anzahl von Struktursätzen der Nut 3A und der Fenster 8a und 8b zu entsprechen, um die Impedanz entsprechend dem Drehmoment zu ändern. Kurz gesagt sind die ausgeschnittenen Abschnitte derart ausgebildet, um in der Lage zu sein, gegenseitig die Änderungen der Impedanz, welche aufgrund der ausgeschnittenen Abschnitte zum Herausführen der Enden der Spulen 10 und 11 zu der Außenseite der Jochbauteile und die aufgrund anderer ausgeschnittener Abschnitte entsteht, zu reduzieren.

Obwohl die Beschreibung für eine Konstruktion durchgeführt wurde, bei welcher der Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung auf einen elektrischen Servolenkungsapparat für ein Fahrzeug angewendet wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf dies beschränkt. Die Konstruktion gemäß der vorliegenden Erfindung kann auf einen Drehmomentsensor für einen anderen Zweck verwendet werden. Wie oben beschrieben, gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei welcher das Jochbauteil mit einem ersten ausgeschnittenen Ausschnitt versehen ist, zum Führen der Enden der Spule zur Außenseite, und zwei oder mehreren ausgeschnittenen Abschnitten, die sich von dem ersten ausgeschnittenen Abschnitt unterscheiden, so daß eine Änderung in der Impedanz der Spule, die aufgrund der Irregularität des magnetischen Feldes in der Spule auftritt, die durch den ersten ausgeschnittenen Abschnitt und die Änderung in der Impedanz der Spule, die aufgrund der Irregularität des magnetischen Feldes in der Spule, welches durch den zweiten ausgeschnittenen Abschnitt gegenseitig reduziert wird, kann ein Effekt darin erhalten werden, daß ein genaues Drehmomentermitteln durchgeführt werden kann.

#### Patentansprüche

##### 1. Drehmomentsensor mit:

ersten und zweiten sich drehenden Wellen, die koaxial zueinander angeordnet sind und miteinander durch einen Torsionsstab verbunden sind; einem zylindrischen Bauteil, welches aus einem elektrisch leitenden und nichtmagnetischen Material hergestellt ist und mit der zweiten sich drehenden Welle in einer Drehrichtung integriert ist, um die äußere Oberfläche der ersten sich drehenden Welle zu umgeben;

zumindest einem umgebenden Abschnitt der ersten sich drehenden Welle, welcher durch den zylindrischen Abschnitt umgeben ist und aus magnetischem Material besteht; einer Nut, welche in den umgebenden Abschnitt 5 eingeformt ist und sich in axialer Richtung erstreckt; einem Fenster, welches in das zylindrische Bauteil in solch einer Weise eingeformt ist, daß ein Zustand des Überlagerns der Nut geändert wird entsprechend einer relativen Drehstellung bezüglich der ersten sich drehenden Welle; einer Spule, die angeordnet ist, um einen Abschnitt 10 des zylindrischen Bauteils zu umgeben, wo das Fenster derart ausgebildet ist, so daß Drehmoment, 15 welches in den ersten und zweiten sich drehenden Wellen erzeugt wird, entsprechend der Änderung der Impedanz in der Spule ermittelt wird; einem Jochbauteil, welches die Spule abdeckt; bei dem das Jochbauteil mit einem ersten ausgeschnittenen Abschnitt versehen ist zum Herausführen eines Endes der Spule zur Außenseite des Jochbauteiles und zumindest einen zweiten ausgeschnittenen Abschnitt, der von dem ersten ausgeschnittenen Abschnitt getrennt ist, so daß eine Änderung 25 der Impedanz der Spule, die aufgrund von Irregularität eines magnetischen Feldes in der Spule, die durch den ersten ausgeschnittenen Abschnitt erzeugt wird, und eine Änderung der Impedanz der Spule, die aufgrund der Irregularität des magnetischen Feldes in der Spule auftritt, die durch den zweiten ausgeschnittenen Abschnitt erzeugt wird, gegenseitig reduziert werden.

2. Ein Drehmomentsensor nach Anspruch 1, bei dem das Jochbauteil aus einem ersten ringförmigen 35 Bauteil zum Abdecken einer äußeren Oberfläche und eine von Endoberflächen der Spule besteht und einen L-förmigen Querschnitt aufweist, und einen zweiten ringförmigen Bauteil zum Abdecken einer anderen Endoberfläche der Spule, das einen recht-eckigen Querschnitt aufweist, wobei das erste ringförmige Bauteil auch die äußere Oberfläche des zweiten ringförmigen Bauteiles abdeckt, und mit den ersten und zweiten ausgeschnittenen Abschnitten versehen ist, die die gleichen Abmessungen aufweisen und in gleichen Abständen in Umfangsrichtung ausgebildet sind.

3. Ein Drehmomentsensor nach Anspruch 1, weiterhin mit einem Spulenkörper, der an dem Gehäuse derart angebracht ist, um koaxial zur sich drehenden Welle zu sein; bei dem zwei Nuten in den Spulenkörper eingeformt sind, um voneinander in axialer Richtung beabstandet und koaxial zur sich drehenden Welle zu sein, und die Spule entlang jeder der beiden Nuten gewickelt ist. 55

4. Drehmomentsensor nach Anspruch 3, bei dem der Spulenkörper aufweist:  
zwei zylindrische Abschnitte, die durch einen Spalt beabstandet voneinander in axialer Richtung ausgebildet sind und die gleichen Abmessungen aufweisen; äußere Flansche, die an äußeren Enden der zylindrischen Abschnitte nach außen weisend ausgebildet sind; innere Flansche, die an inneren Enden der zylindrischen Abschnitte einander gegenüberliegend ausgebildet sind; Verbindungsabschnitte, die ausnehmungsförmig

sind, nach außen in radialer Richtung vorstehen, um die Lücke zu überqueren, wobei die inneren Flansche durch die Verbindungsabschnitte miteinander verbunden sind; ein Abschlußklemmenbefestigungsabschnitt, der an einer Endoberfläche der einem der Verbindungsabschnitte nach außen weisend in radialer Richtung ausgebildet ist, und ersten, zweiten und dritten Metallanschlußklemmen, die an der oberen Oberfläche des Anschlußklemmenbefestigungsabschnittes angebracht sind, wobei ein Ende einer der Spulen um die erste Anschlußklemme gewickelt ist, wobei ein Ende der anderen der Spulen um die zweite Anschlußklemme gewickelt ist und die anderen Enden jeder der beiden Spulen um die dritte Anschlußklemme gewickelt sind.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

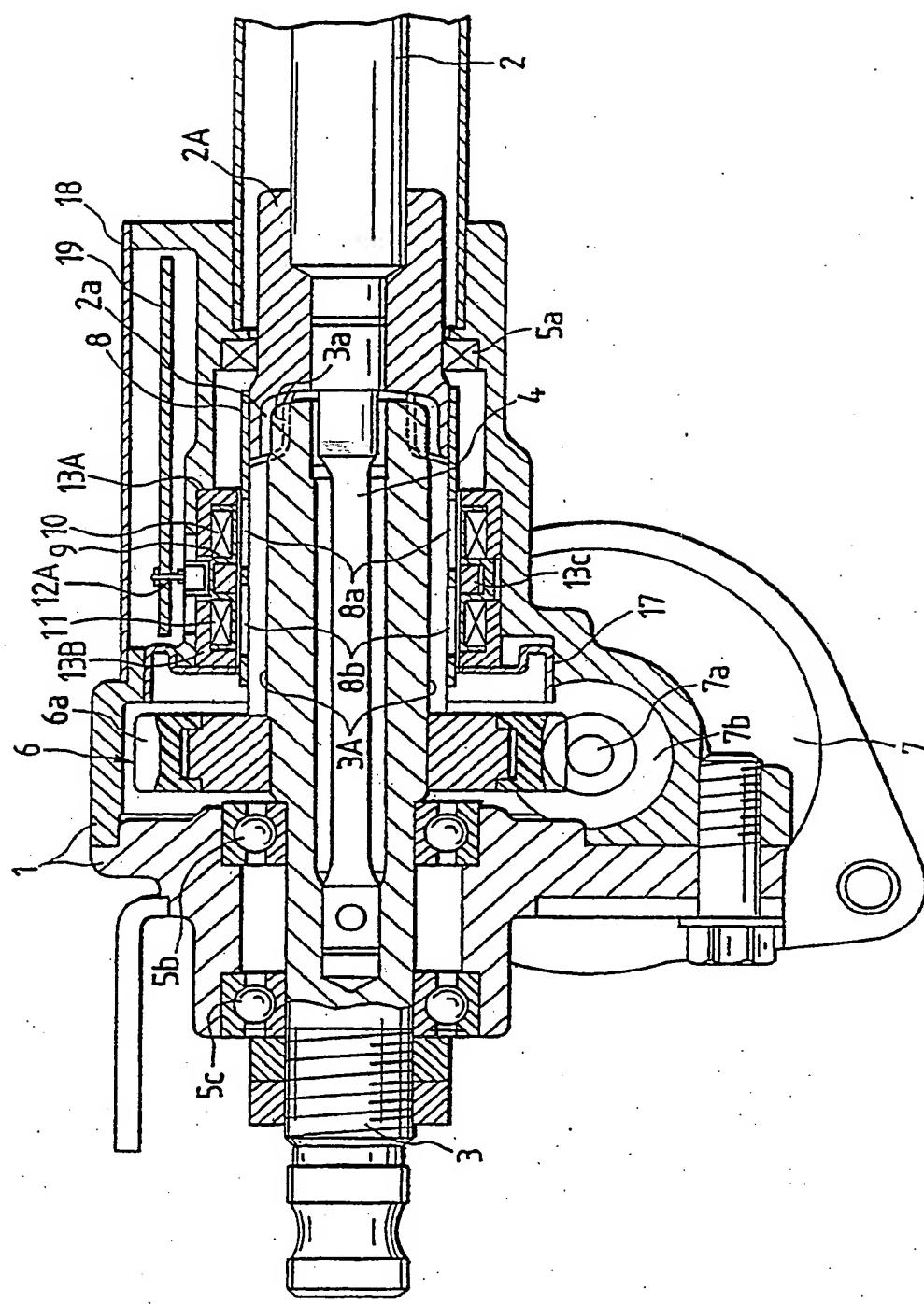


FIG. 2

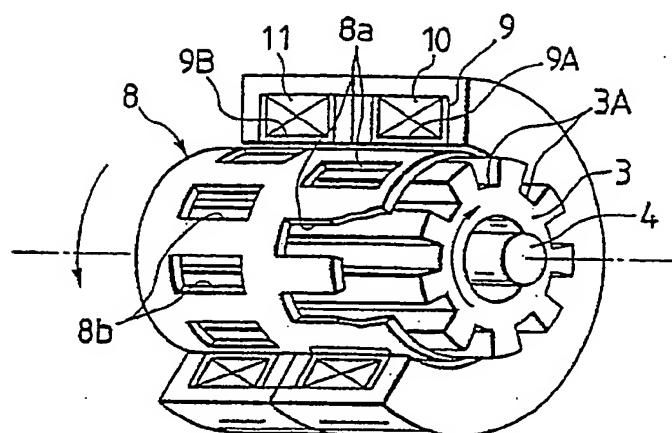


FIG. 3

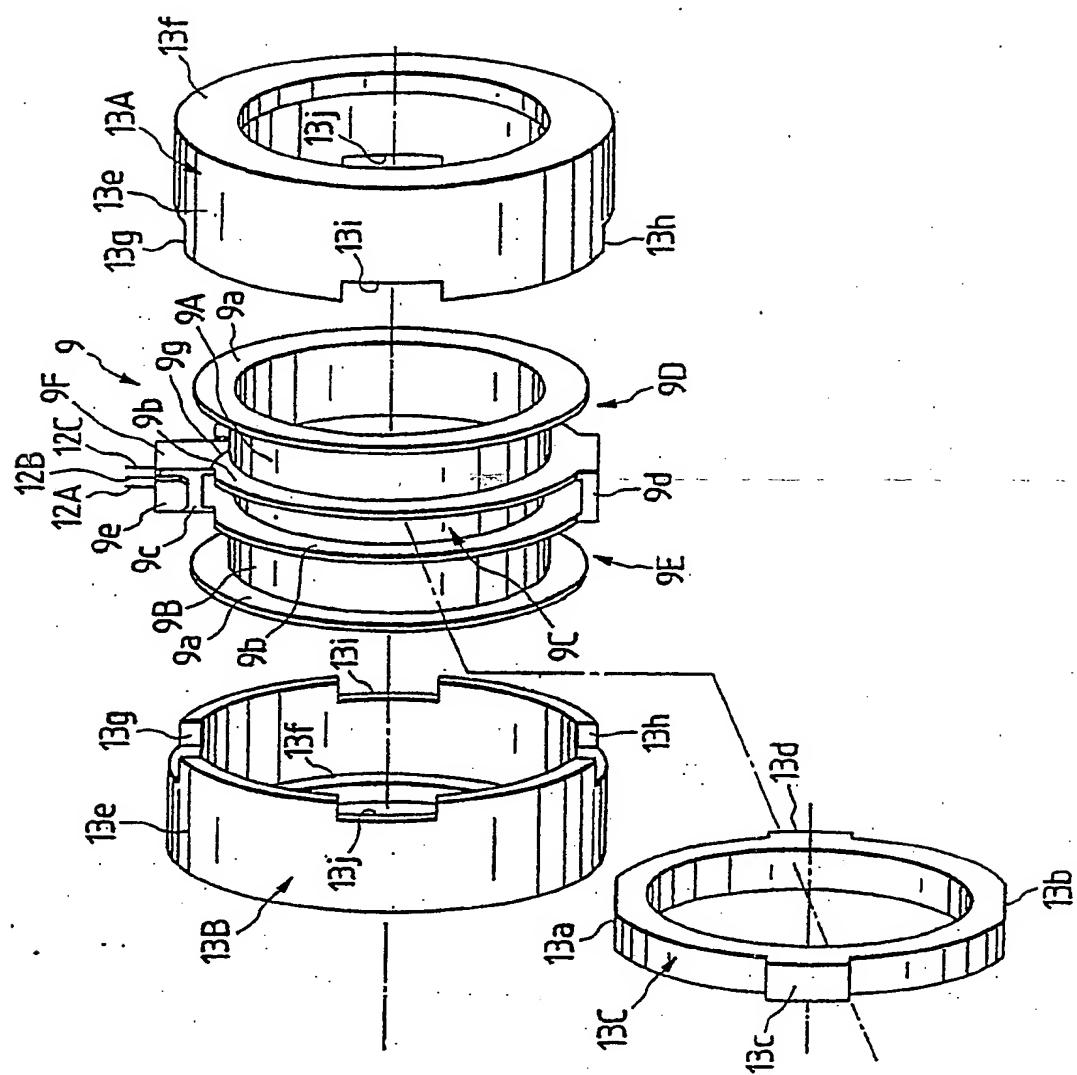


FIG. 4

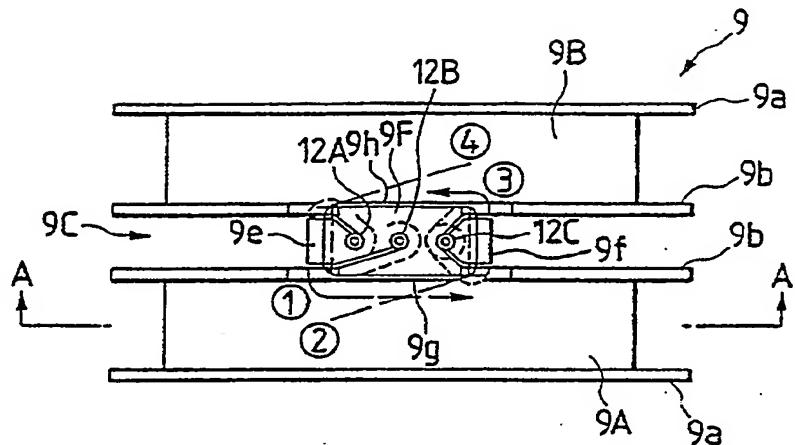


FIG. 5

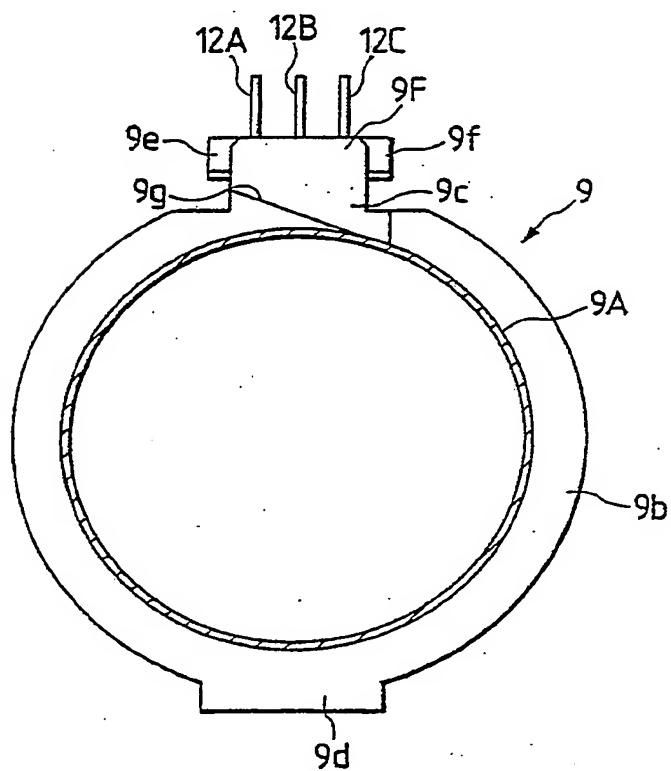


FIG. 6

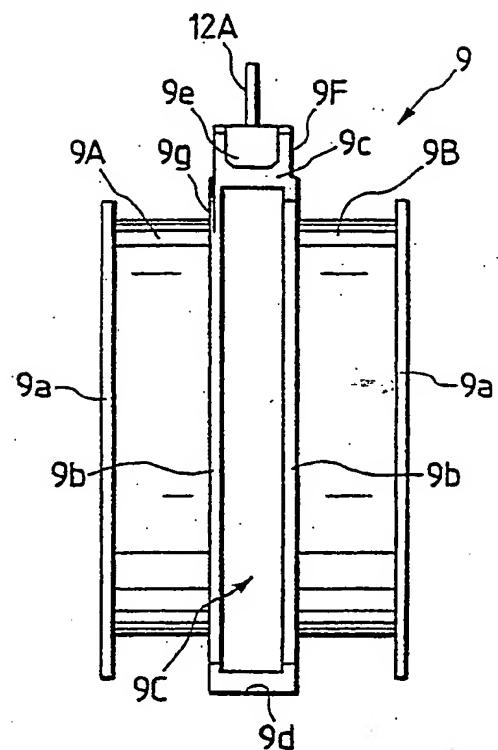


FIG. 7

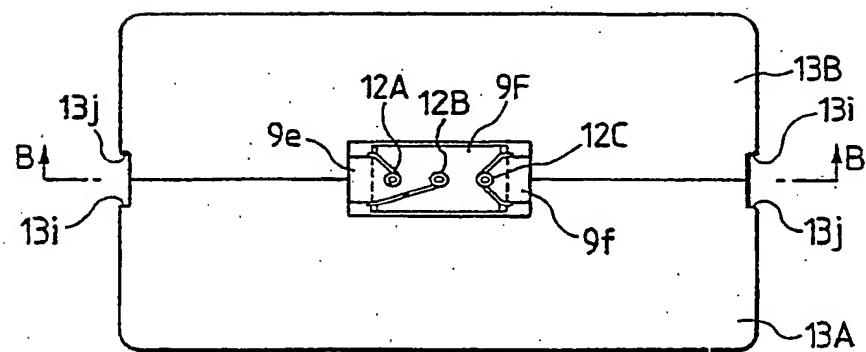


FIG. 9

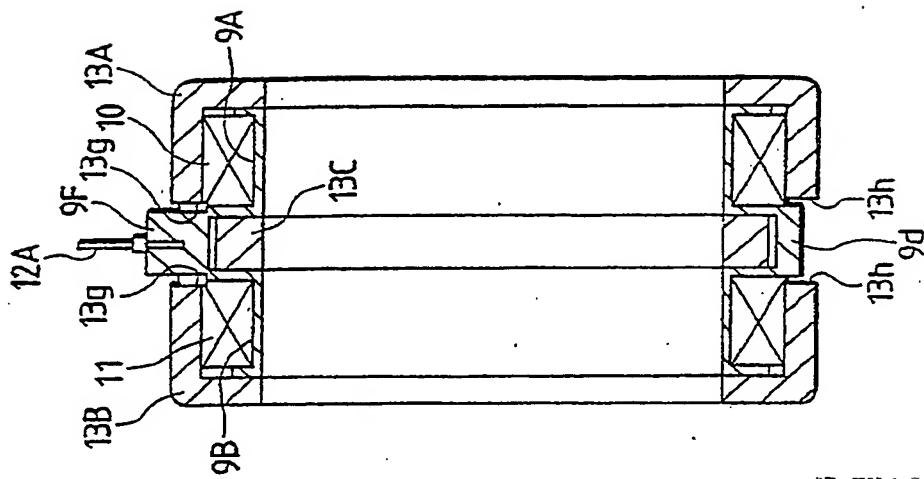


FIG. 8

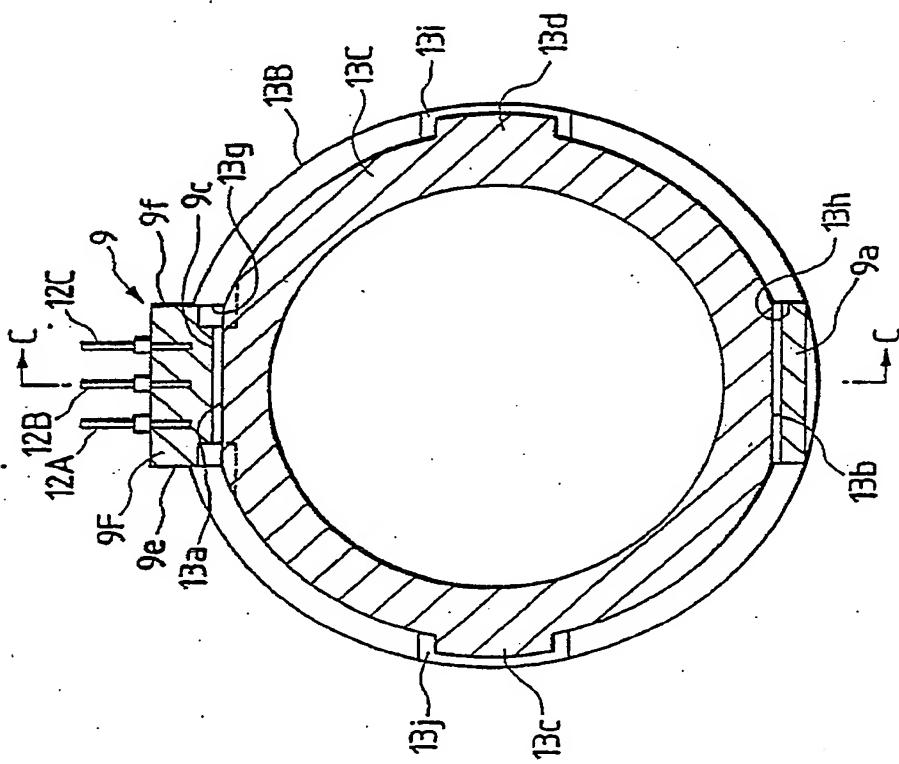


FIG. 10

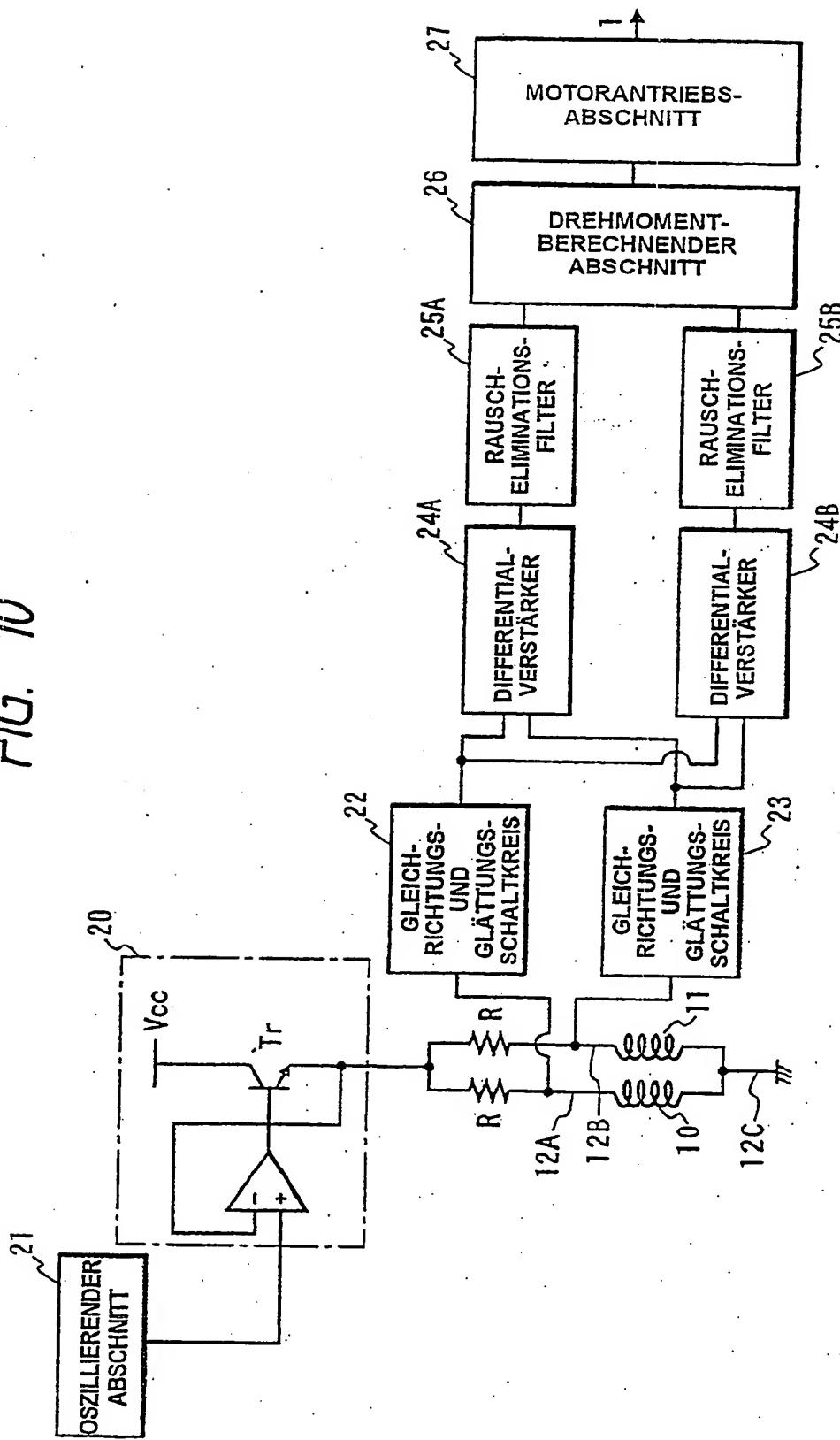


FIG. 11

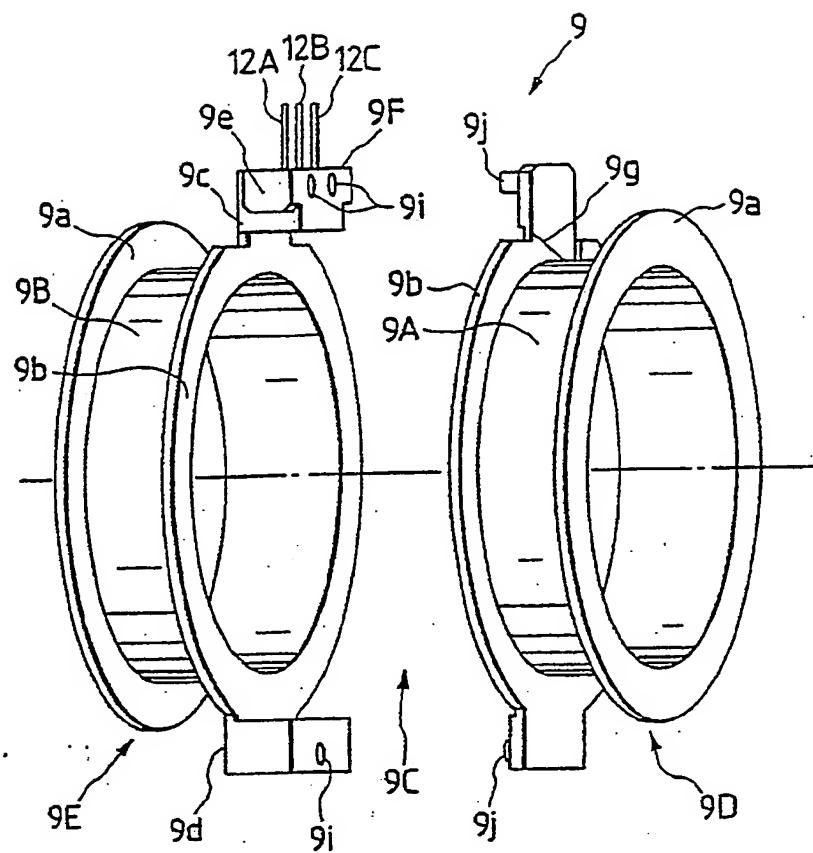


FIG. 12

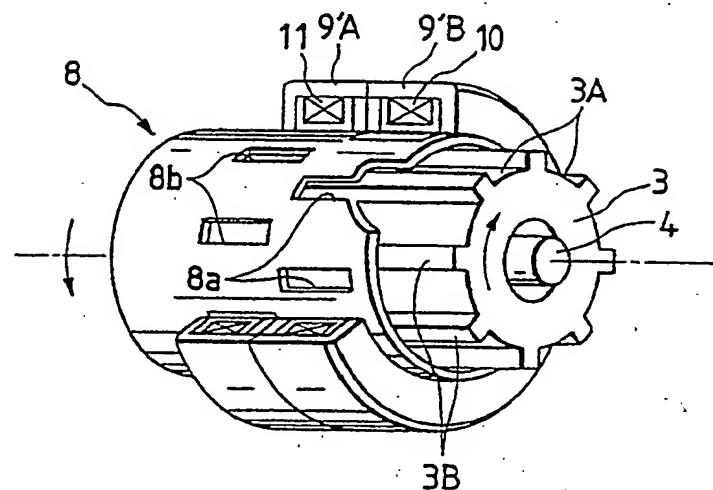


FIG. 13(a)

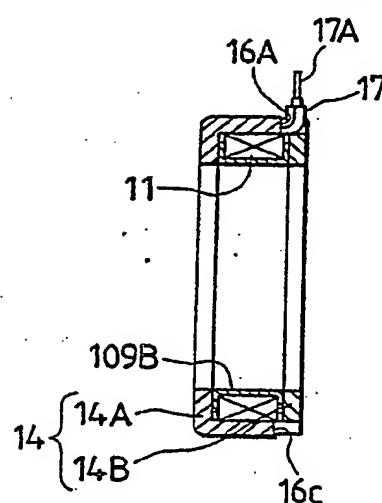


FIG. 13(b)

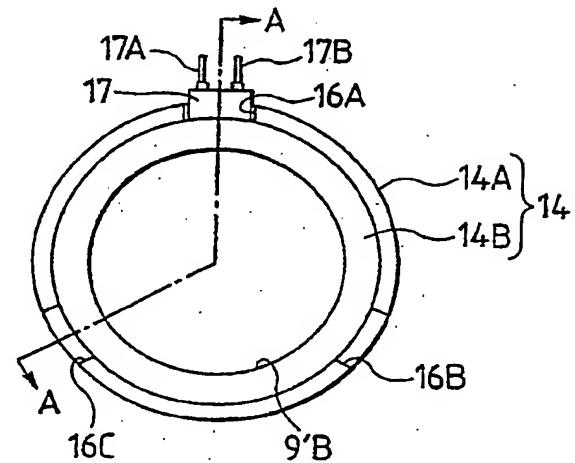


FIG. 14

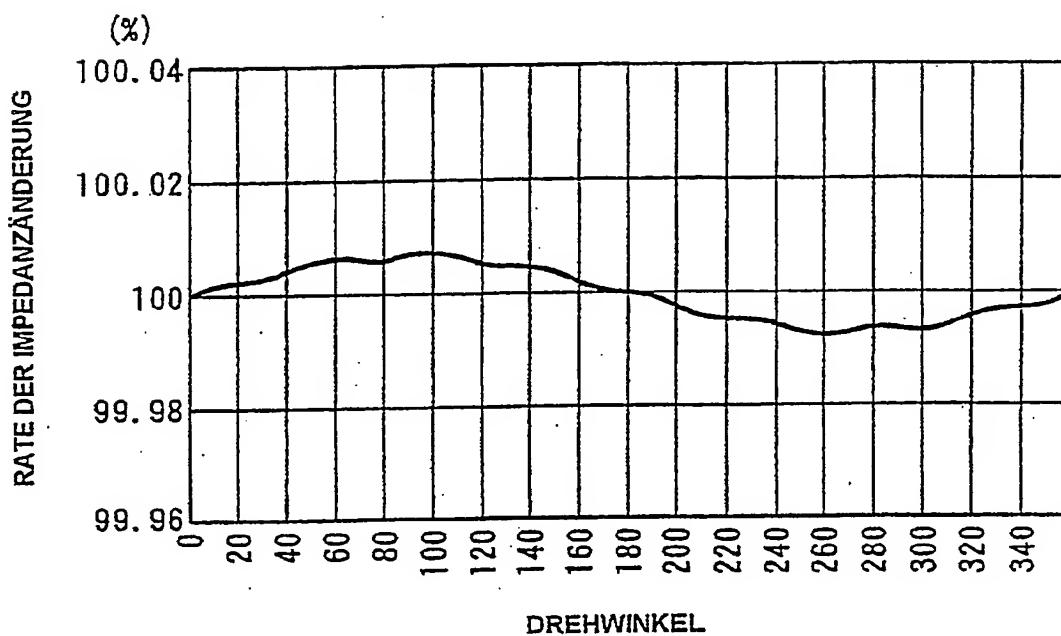
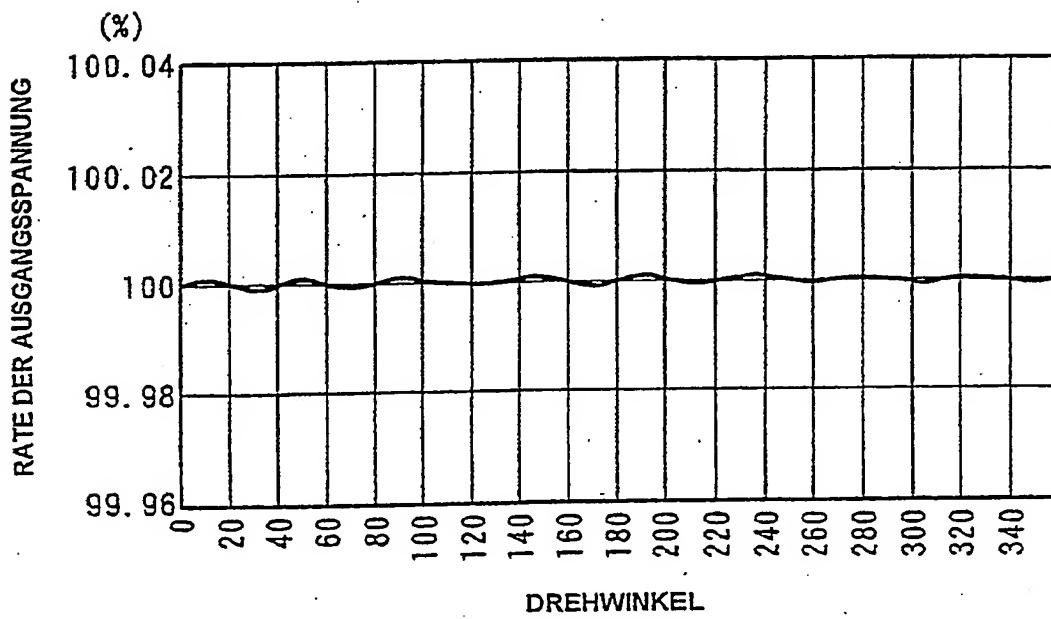
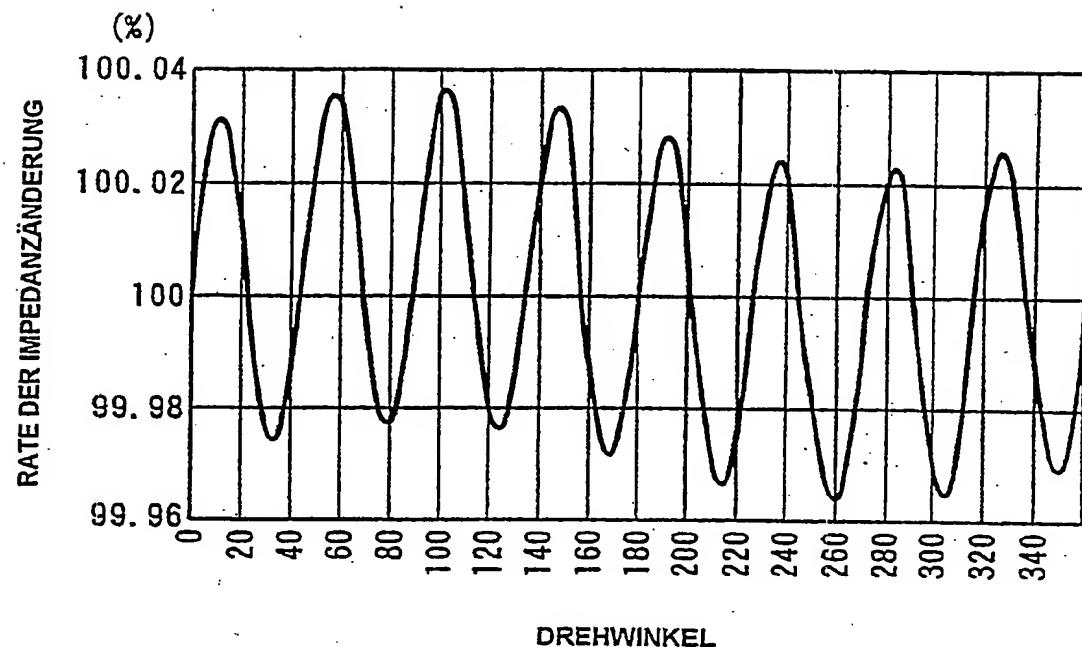


FIG. 15



*FIG. 16*  
STAND DER TECHNIK



*FIG. 17*  
STAND DER TECHNIK

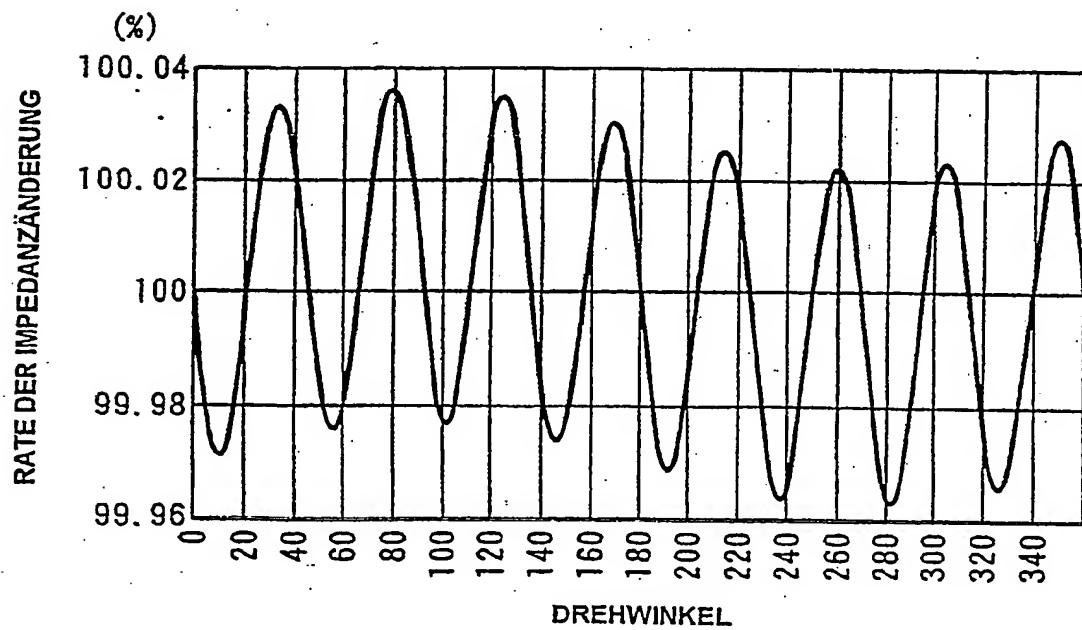


FIG. 18

